

Miika Niissalo

Kapasiteetinhallinta operaattoriverkoissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

23.5.2017

| | |
|---|---|
| Tekijä(t) Otsikko | Miika Niissalo Kapasiteetinhallinta operaattoriverkoissa |
| Sivumäärä Aika | 49 sivua 23.5.2017 |
| Tutkinto | Insinööri (AMK) |
| Koulutusohjelma | Sähkö- ja automaatiotekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | Sähkövoimatekniikka |
| Ohjaaja(t) | Vilonen Harri Sampsa Kupari |
| <p>Teknologiamuutos on viime vuosina vaikuttanut operaattoriverkkoihin ja tapoihin joilla verkkoja käytetään. Operaattorit ovat siirtyneet käyttämään pakettipohjaisia tekniikoita aikajakoisten tekniikoiden sijaan. Teknologiamuutoksesta johtuen myös laitteiden määrä on vähentynyt ja yhden laitteen takaa voidaan palvella tuhansia asiakkaita. Tästä johtuen tehontarpeet ja vaatimukset sähköjakelun luotettavuuden suhteen ovat kasvaneet. Tämä vaatii aiempaa tarkempaa kapasiteetinhallintaa operaattoriympäristöissä.</p> <p>Insinöörityössä tarkasteltiin DCIM (Data Center Infrastructure Management) -järjestelmää ja sen mahdollistamia ominaisuuksia kapasiteetinhallinnan suhteen. Työ liittyi projektiin jolla pyrittiin hankkimaan tällainen järjestelmä yrityksen käyttöön. Projekti jakautui kahteen osaan, vaatimusmäärittelyyn ja valintaprosessiin. Vaatimusmäärittelyvaiheessa toimittajien järjestelmiä testattiin tuotannonkaltaisessa koeympäristössä, jolla pyrittiin syventämään ymmärrystä DCIM-järjestelmistä.</p> <p>Tutkimus aloitettiin kartoittamalla markkinaa ja markkinoiden yleisiä käsityksiä DCIM-järjestelmistä. Tämä tarkastelu perustui kaupallisten konsulttitalojen tutkimukseen aiheesta. Näistä raporteista saatiin hyvä perusta vaatimusmäärittelylle. Työn varsinainen sähkötekniinen tarkastelu ulottui sähkötehon kapasiteetinhallintaan, samalla tutkittiin mitä hyötyjä DCIM-järjestelmä voisi tuoda kapasiteetinhallintaan teknisessä ja prosessimielessä. Tämän jälkeen arvioitiin valittuja toimittajia suhteessa vaatimusmäärittelyyn. Näiden arvioiden perusteella suoritetaan toimittajavalinta. Järjestelmien koetestaus ei saavuttanut kaikkia tavoitteita, mutta järjestelmät saatiin kuitenkin pystytettyä ja alustavat testaukset pääsivät alkamaan.</p> <p>Työn tuloksena syntyi tarvittava vaatimusmäärittely ja arviot toimittajien kyvykkyyksistä. Kapasiteetinhallintaprosessin vaatimukset selkiytyivät organisaatiolle ja toimittajan alustava valinta pystyttiin tekemään. Työn pohjalta voidaan aloittaa järjestelmän käyttöönotto ja kapasiteetinhallinta helpottuu jatkossa datakeskusympäristössä.</p> | |
| Avainsanat | DCIM, Kapasiteetinhallinta, Datakeskus |

| | |
|---|--|
| Author(s) Title | Miika Niissalo Capacity Management in Operator Networks |
| Number of Pages Date | 49 pages 23 May 2017 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Electrical Engineering |
| Specialisation option | Electric Power Engineering |
| Instructor(s) | Harri Vilonen Production Manager Sampsa Kupari Principal Lecturer |
| <p>The network operator environment has changed in recent years, especially in power management area. The transformation from time division multiplexing systems to IP networks has created a growing need for power and cooling. A single device is nowadays a production platform for a thousands of customers. This has created a situation where power and cooling reliability are crucial for an operator.</p> <p>The subject of this study is the DCIM (Datacenter infrastructure management). The thesis presents the current DCIM domain and the critical capabilities the DCIM system can offer to the datacenter manager. The study derives the results from a project. The target of the project was to acquire a DCIM system for a company. The target of this study was to form a technical requirement document for request for information/proposal phase, which is then followed by the selection phase. The second goal of the study concerns the power management part. The idea is to provide information on how the DCIM system could be used in the power management process when operator networks are the concern: what the benefits would be and what kind of expenditure savings could be achieved by taking the DCIM into use.</p> <p>This study started with a market research. A set of commercially available reports were used to acquire information about the DCIM market. After the research a discussions were started with stakeholders. The requirements document was created based on these discussions. The procurement followed and created the RFP and RFI documents. These were sent to the potential DCIM providers. When the replies from the providers were received the DCIM evaluation process started. During this phase the DCIM systems were tested in the POC (Proof of concept in production-like environment) and these results were evaluated by the project group and stakeholders. The end result of this evaluation was a vendor selection proposal for the project steering group.</p> <p>The set targets were met partly. The POC environment testing was not completed as planned, but the environment itself was built as planned. The organization got a clarification how the capacity management should be run in the datacenter environment. The RFI/RFP documentation was created and system providers were evaluated against the requirements. The capabilities of the DCIM systems are now clear and hopefully the implementation phase can start without any problems after the actual selection is done.</p> | |
| Keywords | DCIM, Power Management, Datacenter |

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Tavoitteet | 2 |
| 1.2 | Työn rakenne | 3 |
| 2 | Teoriaa | 4 |
| 2.1 | Mikä on DCIM? | 4 |
| 2.2 | Markkina-analyysi | 5 |
| 2.3 | Tehonvalvonta | 8 |
| 2.4 | Sähkötehon jakeluketjun visualisointi | 9 |
| 2.5 | Asettien hallinta | 9 |
| 2.6 | Olosuhdevalvonta | 10 |
| 2.7 | Raportointi ja visualisointi | 10 |
| 2.8 | IT-resurssienhallinta ja valvonta | 11 |
| 2.9 | Mallinnus | 12 |
| 2.10 | Työnohjaus | 12 |
| 3 | Perusteita DCIM käyttöönottoon | 13 |
| 3.1 | Nykyisen toimintaympäristön haasteet | 15 |
| 3.2 | PUE-luku | 15 |
| 3.3 | Teollisuusautomaatio ja perinteiset sähköverkkojen -järjestelmät | 16 |
| 3.4 | Datakeskuksen hallinta yleistasolla | 20 |
| 3.5 | Kaappitason tehon- ja kapasiteetin hallinta | 21 |
| 3.6 | Tiketöinti | 21 |
| 4 | Datakeskuksen tehonjakeluun liittyvät komponentit | 22 |
| 4.1 | Kuorman tarkastelu nykyisellään | 23 |
| 4.2 | Lattia pinta-alan tarkastus | 24 |
| 4.3 | Johdonsuojat | 24 |
| 4.4 | Jakeluvaihtoehdot | 25 |
| 4.5 | PDU | 27 |
| 4.6 | UPS:n toiminta | 29 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.7 | Virtakiskot | 30 |
| 5 | Hankinta, vaatimusmäärittely ja hankinnan tulokset | 32 |
| 5.1 | Hankinnan tavoitetila | 32 |
| 5.2 | Todellinen hankintaprosessi | 33 |
| 5.3 | Yleiset havainnot | 35 |
| 5.4 | Yleisin vaatimukset tulokset | 36 |
| 5.5 | Prosessi-, pää- ja piirikaaviot | 36 |
| 5.6 | Prosessikaavoiden ja pääkaavioiden toteutuneet ominaisuudet | 37 |
| 5.7 | Liiketoimintavaatimukset | 37 |
| 5.8 | Kapasiteetinhallinnan vaatimukset | 39 |
| 5.9 | DCIM-kapasiteetinhallinta käytännössä | 40 |
| 5.10 | Sähköverkon mallinnuksen ja visualisoinnin vaatimukset | 40 |
| 5.11 | Olosuhdevalvonta | 42 |
| 5.12 | Olosuhdevalvonnan toteutuneet vaatimukset | 43 |
| 5.13 | Raportointi | 44 |
| 5.14 | Toteutuneet vaatimukset raportoinnin suhteen | 45 |
| 5.15 | Vaatimukset käytettävyydelle | 45 |
| 5.16 | Työnohjaus | 45 |
| 6 | Tulokset | 46 |
| 7 | Yhteenveto | 49 |
| | Lähteet | 51 |
| | Liitteet | |

Lyhenteet

| | |
|------|---|
| BMS | Building management system, rakennusautomaatio |
| EMS | Energy management system, energianhallinta |
| ERE | Energy re-usage factor |
| DCIM | Datacenter infrastructure management |
| EMS | Energy management system, energianhallinta |
| EnMS | Environment management system, olosuhdevalvonta |
| ITSM | IT Service Management, palvelunhallinta |
| PUE | Power usage efficiency |
| RAU | Rakennusautomaatio |

1 Johdanto

Operaattorien runkoverkko on kokenut viime vuosikymmenen aikana suuren muutoksen. Mobiilin- ja kiinteänverkon aikajakoisesta keskitin- ja keskusarkkitehtuurista on siirrytty pakettipohjaisiin konesaliympäristöihin ja samanaikaisesti runkoverkossa on siirrytty käyttämään reitittimiä, jotka pystyvät palvelemaan kymmeniä tuhansia asiakkaita. Tarkasteltaessa uuden arkkitehtuurin mukaisten konesalien tehontarpeen kasvua, pelkästään viimeisen viiden vuoden aikana laskennallinen tehontarve on kasvanut noin 2,5kW:sta per neliometri 8-30kW:iin per neliometri. Tämä on puolestaan kasvattanut tuotantotilojen jäähdytysvaatimuksia oleellisesti. Tätä ongelmaa ratkaisemaan on kehitetty ns. kuuma/kylmäkäytävä ratkaisuja, joiden avulla ilmanvirtaus saadaan järjestettyä tehokkaammin ja jäähdytystä kohdennettua paremmin laitteiden käyttöön. [1]

Kasvaneessa sähkö- ja jäähdytystarpeessa korostuu tuotantotilojen aiempaa tehokkaampi käyttö. Tämä tarkoittaa että tuotantotiloja on pystyttävä hallitsemaan aikaisempaa huomattavasti tehokkaammin. Datakeskuksia varten on tähän tarkoitukseen kehitetty useita erilaisia järjestelmiä ja ohjelmistoja. Tämä insinöörityö tarkastelee DCIM (Data Center Infrastructure Management) -järjestelmää ja pyrkii määrittelemään kyseisen järjestelmän vaatimukset kapasiteetin hallinnan kannalta. Erityisenä tarkastelun kohteena on isojen tuotantotilojen tehonhallinta runkoverkon näkökulmasta.

DCIM on ohjelmistoteollisuuden oman määritelmän mukaan integroitu järjestelmä, jonka sisälle rakennetut toiminnallisuudet muistuttavat sähkö- ja automaatiojärjestelmien ominaisuuksia. Sillä pyritään korvaamaan mm. perinteiset kiinteistöautomaation järjestelmät. Konesaliympäristössä erityisen tärkeinä pidetään reaaliaikaista sähkön- ja jäähdytyksen tehonhallintaa. Samaten järjestelmän olisi hyvä tarjota mahdollisuutta kuvata tilaa joko pohjakuvien tai jopa 3D mallien avulla. Näissä ominaisuuksissa on takaisinkytkentä toimitilajohtamiseen ja toisaalta myös lattiapinta-alan suunnitteluun, joilla molemmilla saadaan nostettua tuotantotilan käyttöastetta ja mahdollisesti energiatehokkuutta. Kun nämä osa-alueet ovat hallussa, voidaan järjestelmän avulla ennustaa mahdollista tulevaa energian tarvetta.

DCIM järjestelmässä on edellä mainittujen osa-alueiden lisäksi kytkentä ITIL:in määrittelemään palvelunhallintaan (ITSM IT Service Management), jonka suuntaan järjestelmän on mahdollista tuottaa reaaliaikaista tietoa. Tässä insinöörityössä pyritään löytä-

mään mahdollisuus tällaisten tietojen käyttöön jatkossa. Samalla pohditaan kuinka tiedot olisivat integroitavissa oleviin järjestelmiin ja voidaanko näiden järjestelmien välille rakentaa rajapintoja.

IT palvelunhallinta (ITSM) määrittelee todellisuudessa muitakin prosesseja, joita DCIM:n järjestelmän tulisi tukea. Erityisesti muutostenhallinta on noussut keskiöön jo aiemmin mainittujen suurien asiakasmäärien takia. Yksittäinen järjestelmän ja reitittimen tulee toimia normaalioloissa luotettavasti, on myös varmistettava, että muutostilanteessa katko on joko ennakoitavissa tai jopa vältettävissä. DCIM:n tulisi ottaa kantaa ainakin sähkö- ja jäähdytyskapasiteettiin ja palvelun ollessa virtualisoitu, ottaa kantaa siihen missä konesalin kohdassa itse palvelu vaatima prosessointiteho on. Tällöin muutos voidaan suorittaa hallitusti. Tapahtuipa muutos itse palvelussa tai konesalin tasolla. [2]

1.1 Tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena on laatia vaatimusmäärittely DCIM-järjestelmän valintaa varten. Työn tarkastelukulmana on runkoverkko ja sen vaatimat sähkösovellukset. Työssä keskitytään sähkökapasiteetin hallintaan nykyisellään ja pyritään etsimään DCIM-järjestelmään tukeutuva uusi kapasiteetinhallinnanmalli. Vaatimusmäärittely on osa laajempaa projektia, jossa haetaan DCIM kokonaisratkaisua. Insinööriyötä varten irroteetaan projektista sähkötekniinen osuus tähän työhön soveltuvien osien. Toinen osa on DCIM ratkaisutoimittajien arvottaminen vaatimusmäärittelyä vasten. DCIM:ää voidaan arvioida teknistaloudellisten mallien perusteella. Nämä mallit ovat tällä hetkellä pääasiassa kaupallisten konsulttitalojen tuottamia. Akateemista tutkimusta löytyy eri osa-alueiden suhteen, mutta itse DCIM:n arviointia helpottaakseen käytetään apuna edellä mainittuja kaupallisia intressein tuotettuja malleja. Lopputuloksena pyritään saamaan aikaan selkeä vaatimusmäärittely ja aloittamaan tätä vasten järjestelmän valinta.

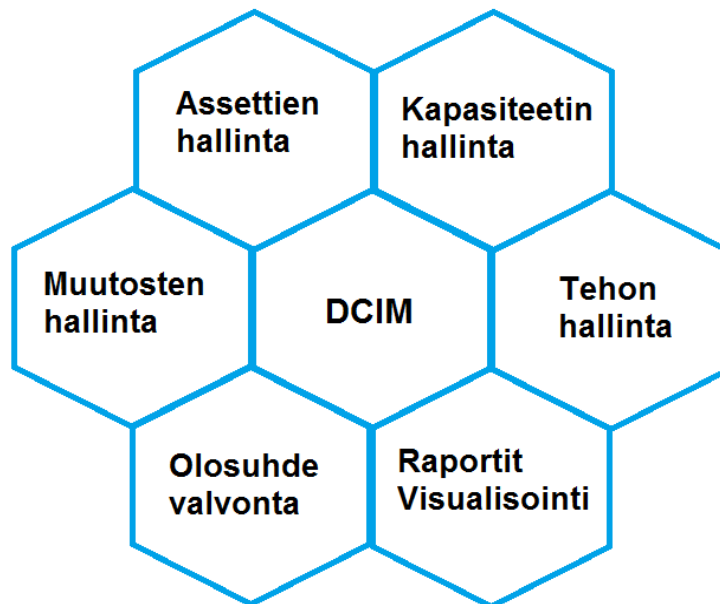
1.2 Työn rakenne

Ensimmäisessä luvussa on johdanto aiheeseen. Johdannossa käsitellään työn tavoitteet ja rakenne. Toisessa ja kolmannessa luvussa käsitellään DCIM-järjestelmiä markkinoiden näkökulmasta ja pyritään selvittämään liiketoiminnallinen perusta järjestelmän käyttöönoton tueksi. Neljännessä luvussa tarkastellaan verkkoteknistä kapasiteettia ja sen suhdetta sähkötekniiseen toteutukseen. Viidennessä luvussa määritellään vaatimukset ja arvioidaan näitä vaatimuksia suhteessa järjestelmätoimittajiin. Lopuksi esitellään tulokset ja yhteenveto.

2 Teoriaa

2.1 Mikä on DCIM?

DCIM on määritelmän mukaan järjestelmä, joka yhdistää kiinteistöhallinnan ja IT-palvelunhallinnan integroimalla näiden järjestelmien tuottamia tietoja yhteisiin näkymiin ja esittämällä niitä keskitetysti käyttäjille. Alla olevassa kuvassa on DCIM:n päätehtävät datakeskuksessa DCIM-toimittajien ja markkinatutkimusten mukaan. On todettava, että sekä asiakkaat että järjestelmätoimittajat ovat tunnistanee seuraavat osa-alueet DCIM kanalta kriittisiksi ja vain näiden ominaisuuksien avulla järjestelmä tuottaa lisäarvoa liiketoiminnalle.



Kuva 1 DCIM päätehtävät

Kuten kuvasta voi päätellä, on DCIM:n tehtävänä tarjota yksi näkymä kaikkeen datakeskuksessa tapahtumaan toimintaan. Aseteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä kaikkia datakeskuksesta löytyviä kiinteistötেকnisiä järjestelmiä ja niiden osia, sekä datakeskuksen hyötykuormaa, käytännössä siis palvelimia ja tietoverkon kytkin- ja reititinlaitteistoja. Asettien hallinnan avulla voidaan luoda riippuvaisuuksia, joiden perusteella pystytään kertomaan miten palvelimet ja serverit ovat kytkettynä kiinteistön sähköjärjestelmiin, sekä minkälainen laskennallinen sähkö- ja jäähdytyskuorma laitteista kokonaisuudessaan

muodostuu laitoksen kannalta. Järjestelmä tarjoaa siis mahdollisuuden tarkastella kaikkia datakeskukseen asennettuja laitteita, olivatpa ne kiinteistoteknisiä järjestelmiä liittyen sähköön ja jäähdytykseen, tai itse IT-kuormaa palvelimien tai reitittimien muodossa. Käytännössä asettien hallinnasta syntyvää dokumentaatiota ja luotuja riippuvuuksia käytetään ns. White Spacen, eli datakeskuksen hyötytilan tehonhallintaan jota myymällä datakeskuksen liikevaihto luodaan. Tämä samaa tietoa voidaan käyttää visualisointiin ohjelmiston käyttöliittymätasolla, näiden näkymien avulla voidaan helpottaa tilasuunnittelua yleisellä tasolla.

Yleisesti datakeskuksessa kapasiteetinhallinnan osana ovat sähkö- ja jäähdytyskapasiteetit, sekä White Space -alueen kaappi/telinekapasiteetti, johon IT-hyötykuorma sijoitetaan. DCIM-järjestelmissä on yleensä mahdollista visualisoida kaikki kolme osa-aluetta, ja samanaikaisesti tuottaa näistä esim. kapasiteettiraportteja. Tehonhallinta voidaan tässä nähdä osana kapasiteetinhallintaa, mutta se ulottuu aiempaa syvemmälle sähköverkkoon, mahdollisesti jopa sähkönlaatuun, kuin pelkkä puhdas datakeskuksen kapasiteetinhallinta. Tehonhallintaa on konkreettisesti esim. UPS:in vaihekuorien optimointi, eli kun IT-kuormaa asennetaan tilaan, osaa DCIM:n tehonhallinta kertoa mitä vaiheita UPS-järjestelmässä tulisi kuormittaa, jotta UPS:ien toiminta on optimaalista sähkönkäytön kannalta. Tehonhallinnasta voidaan myös rakentaa yhteys energianhallintaan, jolloin voidaan optimoida myös milloin ja mistä sähköä mahdollisesti ostetaan. Seuraavassa luvussa käsitellään DCIM-järjestelmätoimittajia, markkinoita ja siitä tehtyjä kaupallisia analyyseja. Näiden avulla pyritään esittämään DCIM käyttöönoton hyödyt liiketaloudelliselta kannalta. [3]

2.2 Markkina-analyysi

Hallitsevan käsityksen (451 Research, Gartner) mukaan DCIM on käsitteenä kompleksinen ja vastaukset kysymykseen ”Mihin DCIM soveltuu?” voivat vaihdella suuresti riippuen miltä organisaation osalta tätä kysytään. Yleisesti hyväksytään kuitenkin, että DCIM toiminteiden tulisi tukea liiketoimintaa ja olla samalla järjestelmä, joka tarjoaa mahdollisuuden kapasiteettisuunnitteluun ja resurssienhallintaan riippumatta organisaatiosta. DCIM tulisi tarjota aiempaa parempia hallinta ja operointi mahdollisuuksia käyttäjilleen. Yleisimpänä perusteluna DCIM hankintaan on yleisesti tiedossa oleva to-

siasia, että monia datakeskuksia hallintaan nykyisellään enimmäkseen Ad Hoc periaatteella konesaleissa fyysisesti työskentelevän henkilöstön toimesta. Toinen hankintaa puoltava tekijä on konesalien kasvanut merkitys liiketoiminnalle, konesalit ovat kehittyneet ja kasvaneet viimeisien vuosien aikana. Niihin viedään enenemässä määrin palveluita. Migraatio- ja konsolidaatioprojektit pakkaavat yhä enemmän kapasiteettia pienempään tilaan, jolloin kapasiteetin kokonaishallinta nousee yhä tärkeämpään osaan palvelunäkökulmasta. [4]

IT-infrastruktuuria ja siihen liittyvää sähkö- ja jäähdytysjärjestelmiä on perinteisesti hallittu erillisillä systeemeillä. Seuraavassa lyhyt termistölista kiinteistö/sähköpuolen -järjestelmille, jota voidaan käyttää pohjana nykyisen tilanteen kartoittamiseen:

| |
|---|
| FMS Facilities Management System, Kiinteistöhallintajärjestelmä |
| EMS Energy Management System, Energianhallinta |
| EnMS Environmental Management System, Ympäristö/olosuhdevalvonta |
| BMS Building Management System, PMS Property Management System, BCM Building Construction Management, RAU Rakennusautomaatio, Kiinteistöautomaatio. |
| PMS Power Management System, Käytönvalvontajärjestelmä (Osittain myös energianhallinta järjestelmä) |
| VTJ Verkkotietojärjestelmä |
| KVJ Käytönvalvontajärjestelmä, usein SCADA-pohjainen |
| KTJ Käytöntukijärjestelmä, riippuu valmistajasta. |

Taulukko 1 Sähkö- ja kiinteistötekniikan termistöä

Kiinteistötekniikan osalta käytössä on tänä päivänä rinnakkaiset järjestelmänsä: Sähköverkonhallinnalle omansa ja jäähdytyksenvalvonnalle sekä -säädölle omansa. Sähköverkon valvonnassa ja mittauksessa esim. SCADA/KVJ ja jäähdytyksenvalvontaan sekä ohjaukseen kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Lisäksi energiankulutuksen optimointiin on tarjolla energianhallintajärjestelmiä (EMS Energy Management System). DCIM:n päätavoite on integroida nämä kaikki yhdeksi systeemiksi ja tarjota näkymät sekä käyttäjille että asiakkaille. Toinen merkittävä muutos on siirtyminen kiinteistöautomaatiosta teollisuusautomaation puolelle, epäselvää on tosin vielä minkä kokoluokan laitoksessa saavutettaisiin taloudellisia etuja tällaisesta siirtymästä. Teollisuusautomaatiojärjestelmät tarjoavat jo nykyisellään DCIM kaltaisia näkymiä, mutta mikäli datakeskus ei ole

riittävän suuri on teollisuusautomaatiojärjestelmän hankkiminen taloudellisesti kannattamatonta.

IT puolen järjestelmäjoukko on mutkikkaampi, mutta siitä on tunnistettavissa seuraavat osa-alueet liittyen DCIM tarjoamiin toiminnallisuuksiin.

| |
|---|
| EMS Element Management System, Elementtihallintajärjestelmä |
| ITIL CMDB Configuration Management Data Base, Konfiguraationhallintajärjestelmä |
| FMS Fault Management System, Vianhallintajärjestelmä |
| Ticketing system. Tiketointijärjestelmä |

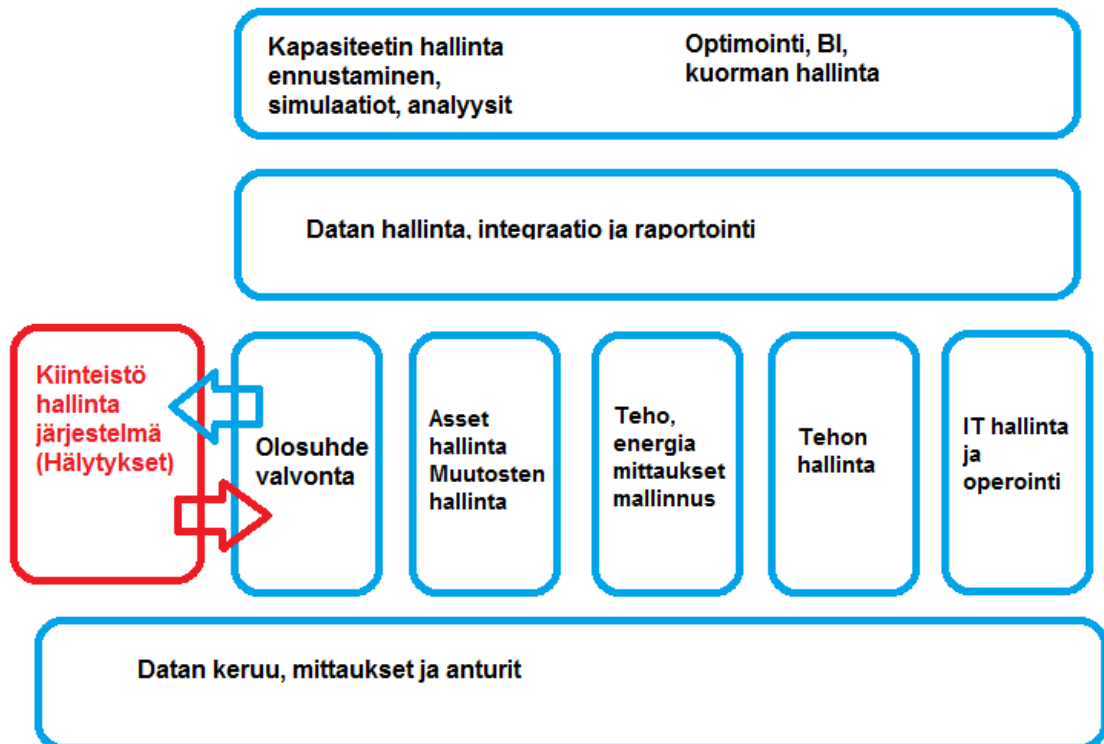
Taulukko 2 IT-järjestelmien hallintatyökaluja

IT-systeemeitä on perinteisesti hallittu FCAPS (Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security) -mallin mukaisesti verkonhallinnan näkökulmasta. Tässä mallissa ei oteta kantaa fyysiseen maailmaan, vaan vikojen hallinta perustuu elementtihallintajärjestelmän tuottamiin hälytyksiin, jotka tulkitaan vianhallintajärjestelmässä. Tässä mallissa nimenomaisesti kiinteistöautomaatio on ollut puuttuva osa, johon DCIM-järjestelmien toimittajat ovat järjestelmiänsä tuomassa. Toinen IT-hallintamenetelmä on ollut palveluperustainen (ITIL). ITIL on osajoukko erilaisia prosesseja ja DCIM:n kannalta konkreettisin osa on CMDB eli konfiguraationhallintajärjestelmä. Useimmat DCIM toimittajat lupaavat CMDB integraatiota, jonka avulla esim. serverien tiedot voidaan tarvittaessa kirjata ainoastaan yhteen järjestelmään ja ne ovat läpinäkyviä kaikille kerroksille.

CMDB ja IT-tiketointijärjestelmät liittyvät oleellisesti muutostenhallintaan ja DCIM:n pitäisi tarjota näkymä sähkö- ja jäähdytysjärjestelmiin ja niiden takana oleviin kuormiin näille järjestelmille. Muutostenhallintaan liittyy myös kiinteistötekniikan pitkän tähtäimen suunnitelmat (PTS) ja niiden vaatima ylläpidollinen toiminta, DCIM:n avulla voitaisiin kytkeytyä takaisin ylöspäin IT:n suuntaan ja tuottaa näin tietoja muutostenhallintaa varten. Nykyisellään muutostenhallinnassa haasteena on yhdistää IT ja sähkötekniset järjestelmät ja saada järkevä kokonaisuus tietoja, joiden avulla muutos voidaan toteuttaa. Oli tämä IT-kuorman siirtoa tai sähkö- tai jäähdytyspuolen huoltoihin tai ylläpitoon liittyvää toimintaan. DCIM avulla näiden tietojen kerääminen ja muutoksen vaatiman vaiku-

tusanalyysin tekeminen on aiempaa helpompaa. Kuvassa 2 on DCIM-järjestelmän toiminnalliset kerrokset ja seuraavassa kappaleessa käsitellään tarkemmin mitä ne DCIM-järjestelmän suhteen tarkoittavat.

DCIM kerrokset



Kuva 2 DCIM-järjestelmän kerrokset

Tässä insinööriyössä on käytetty Gartnerin tuottamaa aineistoa: Gartner on vertaillut DCIM-toimittajia useampana vuonna ja on julkaissut ”kriittiset kyvykkyudet” dokumentin jonka osa-alueet käsitellään seuraavassa. Kuten DCIM kerroksista selviää, on yksi tärkeimmistä osa-alueista tehonhallinta, josta seuraavassa. [5]

2.3 Tehonvalvonta

Tehonvalvontakyvykkyys tarkoittaa järjestelmän mahdollisuuksia valvoa reaaliaikaisesti tehonkulutusta sekä tietoliikenneverkon/serverien että sähköverkon puolelta. Järjestelmän tulee tarjota työkaluja, joiden avulla voidaan päätellä nykyinen tehonkulutus ja tu-

levaisuuden tehontarve. Järjestelmän tulisi myös tarjota apua automaattiseen datankeruuseen. Yhtenä vaatimuksena tehonvalvonnassa on mahdollisuus tuottaa tästä raportteja. Tiedon tarkkuus ja taso ovat yhtenä mittarina tämän kyvykkyyden osalta. Tehonvalvonnan lisäksi olisi hyvä pystyä kuvaamaan visuaalisesti sähkönjakelu, tähän liittyy DCIM-kerroksista myös mallinnus:

2.4 Sähkötehon jakeluketjun visualisointi

Sähkön jakeluketjun (Power Chain) visualisointi näyttäisi olevan tärkeää datakeskuksessa. Tällä hetkellä IT-kuormat ovat hajallaan UPS:ien suunnasta katsottaessa. Jos jakeluketju saadaan mallinnettua riittävän tarkasti, voidaan kuormia siirtää esim. vaiheiden välillä ja näin UPS:ien tehot saadaan optimaaliseen käyttöön. Ketjun mallintamisella ja dokumentoinnilla voidaan helpottaa huolto-ohjelmien suunnittelua suhteessa IT-kuormiin. Modernit pilviratkaisut tukevat nykypäivänä IT-kuormien vapaata siirtoa alustojen välillä, joten jos DCIM:n avulla voidaan kertoa mitkä palvelimet ovat katkon piirissä, pysyvät IT-ylläpidosta vastaavat henkilöt varautumaan huoltoihin aiempaa paremmin. Toinen hyöty on itse IT-kuorman sähkönsyöttöjen suunnittelu, syötöt voidaan suunnitella energiatehokkuus huomioiden. Riittävällä dokumentoinnilla saadaan myös parannettua varmennuksia, ts. asennuksista vastaava henkilöstö saa tarkan tiedon, mihin kuormat pitäisi kytkeä. Em. mallinnus ja tehonhallinta perustuvat asettien hallintaan joka kuvataan seuraavassa.

2.5 Asettien hallinta

Käytännön tasolla vielä nykyäänkin laitteistokirjanpito datakeskuksissa ei ole riittävällä tasolla suhteessa liiketoiminnan asettamiin vaatimuksiin. Asennettujen laitteiden sijaintitiedot ovat puutteellisia, tai ne puuttuvat kokonaan, tai jos laitteen sijainti on tiedossa, puuttuu laitteen malli ja näin myös kilpiarvojen mukainen tehotieto järjestelmistä tai laitteistokirjanpidosta. Tämä aiheuttaa ongelmia monella tasolla. Käyttäjän on vaikea tietää missä IT-kuormat fyysisesti ajetaan. Kiinteistötekniikasta vastaava ei tiedä minkälaisia tehontarpeita missäkin telineissä on, jolloin tehontarpeen arviointi on vaikeaa tai mahdollonta.

DCIM:n perustoiminnallisuutena pitäisi olla nimenomaan näihin ongelmiin vastaaminen. Useat järjestelmätoimittajat kertovat pystyvänsä ko. ongelmat ratkaisemaan tarjoamallaan DCIM-järjestelmillä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä että DCIM avulla pitäisi voida visualisoida telinerivistöt ja fyysiset telinepaikat sekä asettaa laiteinventaarin avulla laitteiden kilpiarvojen mukaisia kuormituksia mallinnettuihin telineisiin. Tämän lisäksi järjestelmän avulla pitäisi olla mahdollista seurata reaaliaikaisesti tehonkulutusta, jolloin sekä käyttäjälle että laitosta operoivalle henkilöstölle, olivatpa nämä IT- tai kiinteistötekniikasta vastaavia, syntyy selkeä kuva laitoksen kuormista suhteessa tarjolla olevaan sähkö- ja jäähdytystehoon. Kuten jo todettua olosuhdevalvonta on tärkeä osa DCIM:n toimintaa ja näitä tietoja voidaan käyttää kapasiteetinhallinnan pohjana, mallinnuksessa sekä raportoinnissa. On huomionarvioista että laitetilän lämpötila kytkeytyy asiakkaan kanssa sovitettuun palvelutasosopimukseen (SLA).

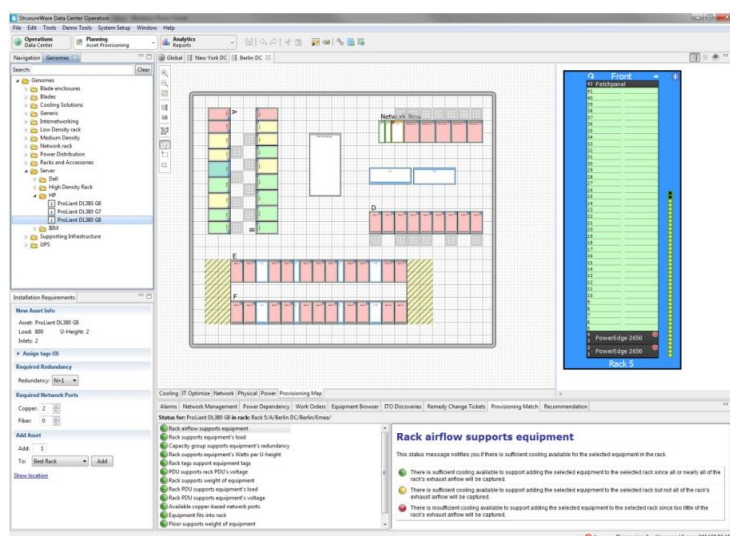
2.6 Olosuhdevalvonta

Järjestelmän tulisi olla kyvykäs ottamaan vastaan olosuhdevalvonnan tietoja reaaliaikaisesti riippumatta sensorien tai datan määrästä. Näitä voivat olla esim. lämpötila, kosteus ja paine. Olosuhdevalvonnan tulee olla luettavissa monista lähteistä, olivatpa ne antureita tai muunlaisia ulkoisia mittareita. Olosuhdevalvonta on DCIM:n kannalta selkein kokonaisuus, mutta itse olosuhdevalvonnan tarkkuus ja reaalisuus tuovat haasteita sen toteuttamiseen. Olosuhdevalvonta on ulkoapäin katsottaessa yksinkertaista, mutta vaatii eniten integraatioita muihin järjestelmiin, jotta tiedot saadaan DCIM:n käytettäväksi. Seuraavassa käsitellään raportointi ja visualisointivaateet, jotka liittyvät järjestelmän käytettävyyteen.

2.7 Raportointi ja visualisointi

Kuten tehonvalvonnasta ja olosuhdevalvonnasta voidaan päätellä, on järjestelmän osattava tuottaa raportit tehoon ja olosuhteisiin liittyvistä tiedoista. Raportointia on pystyttävä tuottamaan eri tasoilla: Historiaraportointi sekä trendien raportointi on oltava mahdollisia. Järjestelmään kynnysarvojen asettelulla on saatava aikaan hälytyksiä, joko järjestelmän sisäisesti tai niitä on pystyttävä tuottamaan järjestelmän ulkopuolelle. Raportoinnin on hyvä tarjota useita eri muotoja, jotta käyttäjät voivat tarvittaessa käyt-

tää saatua dataa ulkopuolisissa järjestelmissä. Visualisoinnin kannalta 2D ja 3D esitykset tiloista ovat modernin DCIM järjestelmän perusvaatimuksia. Samaten resurssiraportteissa on oltava ns. porautumismahdollisuus. Kuvassa 3 on eräs visualisoitu näkymä.



Kuva 3 Visualisoitu DCIM näkymä [5]

Seuraavassa on luetteloitu loput kriittiset kyvykkyyden aihealueiden mukaan.

2.8 IT-resurssienhallinta ja valvonta

Resurssienhallinta tarkoittaa fyysisen tilan komponenttien hallintaa. Ts. miten IT-järjestelmät ja kiinteistötekniikka sijaitsevat suhteessa toisiinsa, ja miten ne ovat riippuvaisia. Tämän lisäksi itse fyysinen sijainti esim. telinerivissä on oltava tiedossa. Järjestelmän on kerrottava eri komponenttien käyttöasteet. Resurssienvallvonta ja -hallinta kuuluvat DCIM:n perustehtäviin. Valvontaa on suoritettava sekä IT-kuorman että sähkökuorman tasolla. Järjestelmän on osattava säätää näitä asetettujen arvojen perusteella, olivatpa ne olosuhde tai järjestelmätekniisiä. Esimerkkinä voidaan mainita tuulettimien dynaaminen säätö lämpötilan mukaan. Tämän ominaisuuden käytännön toteuttaminen vaatii vahvan integraation eri järjestelmien välille.

2.9 Mallinnus

DCIM-järjestelmä tuottaa ennustavaa analyysia, mallinnusta ja simulaatiota konesalin sähköjärjestelmien kapasiteetista, jäähdytyksestä ja fyysisestä tilasta. DCIM voi käyttää tähän trendiraportteja ja tallennettua historiatietoa tilan käytöstä. Mallintamisen ja simuloinnin avuksi järjestelmän olisi sisällettävä malli, jota vastaan simulointi voidaan suorittaa. Yleisesti järjestelmätoimittajat tarjoavat joko yksinkertaistettua mallia tai tarkkaa virtaustekniikan mallinnukseen perustuvaa mallia. Mitä tarkempi malli on, sitä enemmän laskutehoa järjestelmältä vaaditaan.

2.10 Työnohjaus

Työnohjausjärjestelmän on oltava integroitavissa muihin järjestelmiin helposti. Työnohjausjärjestelmästä on pystyttävä tuottamaan työnohjauspyyntö perustuen ennakoivaan kapasiteettisuunnitteluun. Työnohjauspyyntö on toteutettava siten että asentaja tietää milloin ja miten uusi kapasiteetti on asennettava, ts. siinä on tiedot mihin sulakkeisiin serveri tulee kytkeä ja miten yleiskaapelointi on toteutettava esim. porttitasolla. Tietomallimielessä työnohjauksen on käytettävä samoja malleja kuin DCIM:n tarjoamat analyysi-, mallinnus- ja simulointiosuudet.

Seuraavassa luvussa luetellaan osa syistä, jotka puoltavat DCIM-järjestelmän käyttöönottoa.

3 Perusteita DCIM käyttöönottoon

DCIM käyttöönottoon on useita ajureita. Energiahinta lienee yksi suurimmista. Toinen on yleinen käyttöaste, sen avulla voidaan pienentää kiinteistöihin liittyviä kustannuksia. Seuraavassa esitellään liiketoiminnan kannalta oleellisia lukuja ja listattuja syitä:

1. *Kasvava energiahinta* Energiahinta muodostaa 40 % konesalien nykykustannuksista. Energiahinnan kasvu on vuosittain noin 10 % luokkaa. Tästä syystä energian hinta ei ole pelkästään tiloista vastaavan ongelma, vaan siitä on tullut yleismittari jota seurataan ylimmässä johdossa saakka.
2. *Käyttöaste* Yleisellä tasolla voidaan sanoa konesaleista löytyvän nykypäivänä ylimääräistä kapasiteettia, mikä johtaa tehottomaan sähkön- ja jäähdytyksenkäyttöön ja järjestelmien alikäyttöön. Käytännössä voidaan olettaa, että tehokkuus tämän suhteen on noin 50 %, eli käyttöaste alle toivotun tason.
3. *Prosessien tehottomuus* Puutteellisten dokumentoinnin ja toimimattomien prosessien takia yksinkertainenkin toimenpide saattaa kestää kauan. DCIM:n avulla voidaan tarjota apua prosessimaiseen työskentelyyn työohjauksen muodossa.
4. *Sääntely*. Kasvihuonekaasupäästöjä pitää pitkällä aikavälillä vähentää useilla kymmenillä prosenteilla ja tämä aiheuttaa uudenlaisia tehokkuusvaatimuksia. Lisäksi tällä on yrityksen kannalta imago vaikutuksia, ts. markkinoiden mukaan on pyrittävä mahdollisimman hyvään energiatehokkuuteen.
5. *Suunnittelu* Migraatioon tai konsolidaation suunnitteluun kuluva aika voidaan vähentää 40 - 45 %:ia mikäli dokumentaatio on kunnossa. Tällä on operatiivisten kulujen kannalta merkittäviä vaikutuksia. [6]

Tämän työn osalta liiketaloudelliset perusteet täyttyvät riittävällä tasolla jo prosessi näkökulmasta. Uuden laitoksen osalta em. syyt toimivat perusteina sille, että DCIM hankinta voitiin käynnistää. Varsinkin energiatehokkuusvaatimukset korostuvat nykyisessä toimintaympäristössä. On siis selvää että DCIM hankinta voidaan perustella liiketaloudellisilla seikoilla, toinen näkökulma on operatiivinen, seuraavassa kappaleessa perusteluja operatiivisen toiminnan näkökulmasta. Operatiivisella toiminnalla on toki takaisin-kytkentä laitoksen kokonaisenergiantehokkuuteen.

DCIM tulisi pyrkiä vastaamaan seuraaviin kysymyksiin kapasiteetinhallinnan ja operoinnin näkökulmasta.

1. Missä assetit sijaitsevat datakeskuksessa ja mikä on niiden teho?
2. Mikä on paras paikka seuraavalla palvelimelle?
3. Onko laitoksessa riittävästi tilaa, sähköä ja jäähdytystä seuraaviksi kuukausiksi?
4. Jotain tapahtui datakeskuksessa, mitä tapahtui, mitä palveluita tätä tapahtuma koski ja miten tapahtuma selvitettiin?
5. Onko datakeskuksessa alikäytöllä olevia resursseja
6. Onko varajäähdytys riittävä?

DCIM:n tulisi siis tarjota siis tarkkaa tietoa laitteista, tilatietoja reaaliaikaisesti ja kertoa tulevaisuuden tarpeista käyttäjille. Prosessin näkökulmasta DCIM:n pitäisi tarjota hallittuja tapoja hoitaa muutokset tuotantotiloissa. DCIM:n pääasiallinen tehtävä on siis olla yhdistävä tekijä kaikelle tiedolle aseteista. DCIM:n avulla on mahdollista saada aiempaa parempi ennustettavuus tilan-, sähkön- ja jäähdytyksenkäytön suhteen, tämä tieto antaa enemmän aikaa suunnitteluun. Kiinteistötekniikan osalta saadaan parempi ymmärrys yleistilanteesta. Aiempaa parempi hallinta tarkoittaa parempaa tehokkuutta käytössä ja näin ollen pienempiä kustannuksia. Seuraavassa luvussa kuvataan nykyistä toimintaympäristöä ja haasteita, joita voidaan kohdata otettaessa käyttöön DCIM-järjestelmää. [6]

3.1 Nykyisen toimintaympäristön haasteet

Yleisenä haasteena järjestelmän hankinnassa on suomenkielisen termistön puute. Varsinkin olosuhdevalvonta ja energianhallinta menevät helposti sekaisin. Lisäksi energianhallintaa voidaan lähestyä monesta kulmasta ja eri järjestelmien tarjoajat käyttävät tätä termiä ristiin omilla materiaaleissaan. Datakeskuksen kannalta pääasiallinen energianhallinta perustuu tällä hetkellä pääasiassa PUE (Power Usage Efficiency) energiatehokkuuslukuun, jota voidaan seurata datakeskuksen tasolla. PUE luvussa on ongelmia kypsyystarkastelun kannalta, jolloin eri laitojen väliset luvut eivät välttämättä ole vertailukelpoisia toisiinsa. Tämän lisäksi lukua vääristää pohjoismaisen ympäristön mahdollistama lämmöntalteenotto, jota ei oteta PUE laskelmissa huomioon. Seuraavassa PUE luku avattuna:

3.2 PUE-luku

Pääosin datakeskusten tehokkuutta mitataan PUE (Power Usage Efficiency) -luvun avulla. Luvun takana on The Green Grid Association, joka on teollisuudenalan yritysten voittoa tavoittelematon yhteenliittymä. Useimmat toimialan toimijat käyttävät ko. lukua informoidakseen asiakkailleen datakeskustensa tehokkuutta. Mittaus perustuu kokonaisenergian käyttöön ja sen suhteuttamiseen varsinaiseen IT-kuorman kuluttamaan energiaan. Energiatehokkuus eli PUE (Power Usage/Utilization Effectiveness) on suhdeluku jolla kuvataan konesalien energiatehokkuutta. Suhdeluku saadaan jakamalla kokonais sähkönkulutus IT-laitteiden käyttämällä sähkönkulutuksella. Teoreettinen maksimi on 1:1. Tällöin sähköä ei kuluisi jäähdytykseen tai valaistukseen. Luku saadaan seuraavan kaavan mukaan.

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Energy}}{\text{IT Equipment Energy}}$$

IT-tehoon lasketaan kaikki energia joka kuluu IT-laitteistoihin, käytännössä palvelimet, levyjärjestelmät ja verkkolaitteet. Lisäksi valvontaan käytettävät laitteistot (tässä käytössä olevat kytkimet ja fyysiset monitorointilaitteet)

Kokonaisenergiaan lasketaan IT-tehon lisäksi tehon tuottamiseen tarkoitettavat komponentit kuten UPS:it, generaattorit, virranjakoyksiköt (PDU:t), katkaisimet, erottimet ja akustot, sekä jakelussa syntyvät häviöt. Näiden lisäksi kokonaisenergiaan kuuluvat jäähdytykseen liittyvät komponentit, lauhduttimet, jäähdytystornit, pumpput, rivijäähdyttimet ja ilmastointikoneet. Kokonaisenergiaan lasketaan myös valaistus.

Mikäli arviota halutaan tarkentaa, on tarkastelu ulotettava keskijännitepuolelle sekä muuntajiin. Aiemmin sähkönsyötöt on voitu hoitaa pienjännitetasolla, mutta datakeskusten koon kasvaessa on sähkönjakeluun tullut keskijännitetaso ja isoimmissa laitoksissa käytetään suurjännitettä.

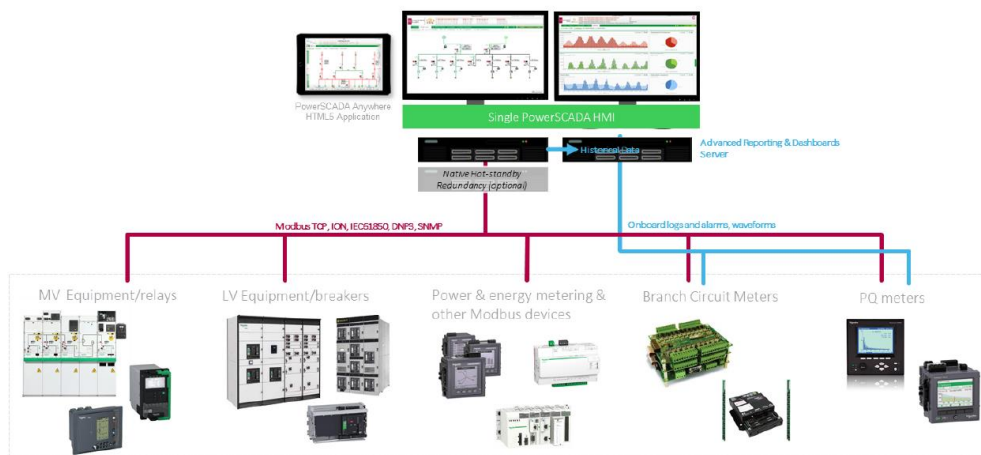
The Green Grid määrittelee PUE:lle kolme tasoa, joista ensimmäisessä seurataan käytännössä UPS ulostuloja IT-kuorman osalta ja tukevan infran sisääntuloja. Tasolla 2 tarkastelu ulotetaan PDU:n tasolle IT-kuorman osalta, tukevan laitteiston pysyessä samalla tasolla. Tasolla kolme IT-kuormaa on pystyttävä seuraamaan per laite. Lisäksi tasoon vaikuttaa mittauksen väli, tasolla yksi riittää kuukausitason raportti, kun tasolle 3 se on oltava jatkuvaa. Yksi DCIM:n päätehtävistä on tuottaa datakeskuksen PUE-lukua, ja hankintavaiheessa on määriteltävä tavoitetaso PUE-luvulle. [7]

3.3 Teollisuusautomaatio ja perinteiset sähköverkkojen -järjestelmät

Toisena haasteena on kysymys kiinteistöautomaatiojärjestelmän riittävydestä suuren laitoksen hallinnassa, osa järjestelmätoimittajista vakuuttaa kiinteistöautomaation tarjoavan riittävän granulariteetin esim. mittausten suhteen, kun taas toiset toimittavat ehdottavat siirtymistä teollisuusautomaatiotasoihin järjestelmiin, jotta laitoksen hallinta olisi ongelmaton. On siis epäselvää minkälainen taustajärjestelmä tarvitaan jotta DCIM hankinta osoittautuu hyödylliseksi.

Tämän lisäksi sähköntuotannossa ja jakeluverkkoyhtiöiden käyttämissä järjestelmissä olisi mahdollisuuksia myös datakeskuksissa, siirtoverkkojen ja jakeluverkkojen valvontaan käytettyjä järjestelmiä voitaisiin mahdollisesti hyväksikäyttää datakeskuksissa. Esimerkkinä käytönvalvontajärjestelmä, joka yleensä perustuu SCADA-pohjaisiin järjestelmiin. Lisäksi käytöntukijärjestelmän toimineita voitaisiin hyväksi käyttää datakeskuksen

hallinnassa, koska energianhallinta on yhdenmukaista olipa kyseessä kiinteistöautomaatio, teollisuusautomaatio tai verkkoyhtiöiden tietojärjestelmät. Kysymykseksi jää miten esim. verkkoyhtiömallista verkkotietojärjestelmää voidaan hyväksikäyttää SCADA / DCIM-pohjaisessa arkkitehtuurissa. Yleisesti datakeskukset eivät omista esim. keskijännitemuuntajia, jolloin verkkotietojärjestelmästä ei välttämättä ole otettavissa samankaltaista hyötyä. Ohessa kuva SCADA pohjaisesta järjestelmästä komponentteineen.

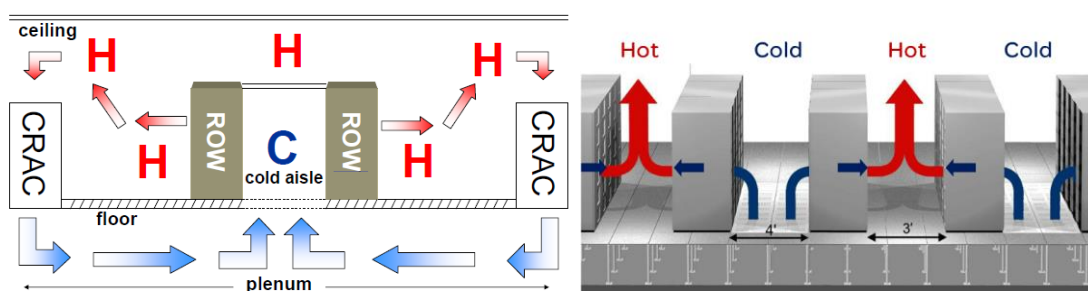


Kuva 4 Scada pohjainen hallinta [8]

SCADA-pohjaisen järjestelmän etuna olisi perinteistä kiinteistöautomaatiojärjestelmää parempi kontrolli ja samaten teollisuusluokan raportointi, jonka tietoja voitaisiin käyttää hyväksi DCIM:n puolella. Samaten energianhallinnan osalta nimenomaan kontrolli antaisi mahdollisuuden parempaan säädettävyyteen. Kuten teollisuusautomaation hankinnan kohdalla, on epäselvää kuinka paljon kontrollia datakeskuksissa tarvitaan. Kuten jo todettua DCIM-ratkaisun pääasiallinen tehtävä on yhteen liittää IT-kuorma sähkön ja jäähdytyksen kanssa, jolloin kapasiteetin hallinta helpottuu. Tällä hetkellä näyttää siltä, että sähköverkon mallinnuksen tasoksi riittää jakeluketjun mallinnuksen ulottaminen UPS:ien tasolle saakka. UPS:n takana oleva jakelu voidaan mallintaa SCADA- ja käytönvalvontajärjestelmien avulla ja tuoda mahdollisesti DCIM ratkaisun ulottuville integroimalla tarvittava tietosisältö järjestelmien yhteisnäkyymiin. Pääasialliset ongelmat datakeskuksissa ovat tällä hetkellä UPS:ien vaiheiden vinokuormat, joiden takia UPS kapasiteetti ei ole optimaalisesti käytössä. Tämä ongelma pystytään ratkaisemaan dokumentoimalla vaiheet aina PDU:ille saakka ja rakentamalla DCIM-järjestelmään logiikka, jonka avulla asentajat pystyvät kytkemään IT-kuormat, serverit yms. oikeisiin vaiheisiin

UPS:ien kannalta. Tähän samaan liittyy myös yksittäisen telineen tehonhallinta, DCIM:n avulla voidaan pitää kirjaa laitteiden kilpitehoista ja arvioida näin mihin seuraava laite voidaan sijoittaa. Ongelmana tämän kaltaisessa prosessissa on automaatio, useissa tapauksissa ko. kapasiteettiprosessi pitäisi olla automaattinen. Kokemuksen perusteella ko. heuristikkaa ei välttämättä ole vielä olemassa, vaikka viimeaikainen koneoppiminen ja tekoälyn kehittyminen saattaa muuttaa tilanteen, mutta tällä hetkellä isonkin volyymin asettelu laitetilassa kannattaa hoitaa ihmisvoimin. [8]

DCIM:n avulla voidaan toki tuoda myös todelliset tehot sisään järjestelmään ja näitä voidaan verrata kilpiarvoisin ja historialliseen kulutukseen, jolloin itse laitetilassa on mahdollista suorittaa jäähdytystehon kannalta optimointia. Optimointi vaatii mittarointia ja olosuhdevalvontaa. Olosuhdemittauksissa ei ole olemassa ylärajaa anturien määrässä, kuitenkin taloudelliset seikat usein rajoittavat näiden määrää. Useimmiten voidaan puhua maksimissaan kymmenistä antureista per tila. Näiden avulla saataneen riittävästi tietoa lämpötilan ja kosteuden kehityksestä suhteessa aikaan. Yleisin ongelma on kuumien pisteiden syntyminen, jotka voidaan välttää käyttämällä DCIM:n tarjoamaa jäähdytysmallia. Tämä malli perustuu kilpiarvoihin ja laitteiden tuottamaan lämpötehoon, sekä jossain tapauksissa tuulettimien toimintaan. DCIM tarjoaa jonkinasteisen simulaation, jonka perusteella laitteiden sijoituksia voidaan muuttaa, jos havaitaan kuumien pisteiden syntyminen laitetilassa. Asennuksien jälkeen tilannetta voidaan valvoa olosuhdevalvonnan avulla, ja jos tällöin havaitaan samankaltainen kuuma piste, voidaan laitteita siirtää esim. telineestä toiseen. Oheisissa kuvissa näkyy tyypillinen kuumakylmäkäytävä ratkaisu, jossa olosuhdevalvonta on tärkeää ilmankierron tehokkuuden takia. [9]



Kuva 5 Kylmäkuumakäytävät [9][10]

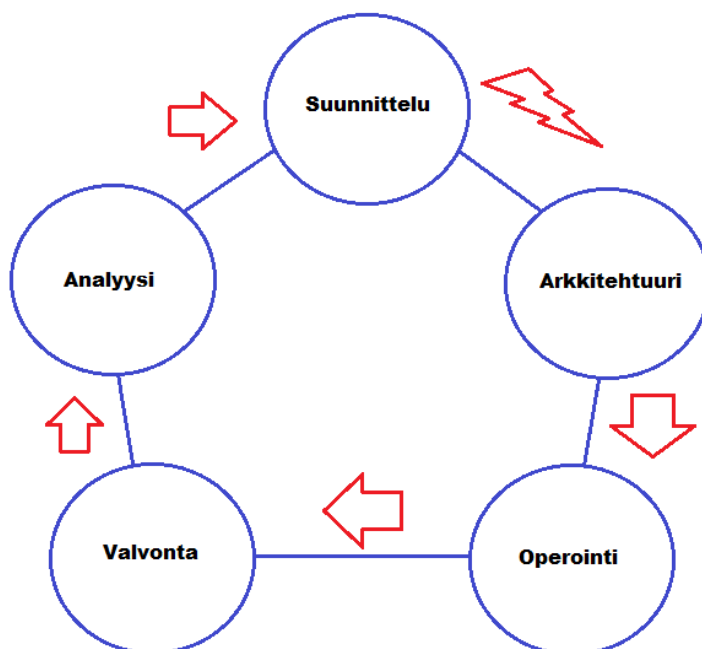
Ongelmat datakeskuksen lattiatasolla ovat hyvin käytännönläheisiä, mutta vaikuttaisi siltä että DCIM:n sekä hyvin suunniteltujen prosessien ja työvaiheiden avulla nämä ovat vältettävissä. Suurin etu DCIM:n osalta tulee visualisoinnista, jolloin datakeskuksen toiminnasta vastaava henkilö saa tarvittaessa nopeasti yleiskuvan tilanteesta. Normaalityönteessäkin DCIM tarjoaa tietyn perusraportoinnin ja tarvittaessa voidaan rakentaa toimintaa tukevia laajempia raportointikokonaisuuksia.

DCIM-järjestelmää voidaan lisäksi katselmoida IT:n näkökulmasta, jolloin ylätasolla on IT-palveluhallinta (Esim. ITIL mukainen) ja sen mukainen toiminta. Ylätason prosessit voidaan määritellä IT-palveluhallinnan näkökulmasta jolloin asetettuja KPI (Key performance indication) arvoja pystytään seuraamaan helposti. Käytännössä kuitenkin lattiatasoon prosessit on hyvä määritellä varsinaisen lattiatasoon toiminnan kautta. Seuraava kerros on automaatio, joka riippuu käytötapauksista. Jos kyse on ns. colocation tai lattiatasoon fyysisistä toimenpiteistä, voi automaatio ulottua ainoastaan dokumentointiin ja talletointiin. Mikäli tuotetaan IT-palvelukerroksen korkeamman jalostusasteen palveluista (IaaS, SaaS tai PaaS) voidaan automaatiota viedä eteenpäin. Lisäksi voidaan tunnistaa virtuaalisen infran (hypervisor-ympäristöt) hallinta, josta voi olla syötteitä DCIM:ään tai DCIM:stä toiseen suuntaan. Lisäksi on löydettävissä normaalit järjestelmätyökalut serverien hallintaan, tallennus- ja verkkokapasiteetin hallintaan. Näiden osalta asettien hallinta on osa-alue johon tarvitaan syötteitä kumpaankin suuntaan. DCIM tuottaa ko. järjestelmille ja arkkitehtuurin osille tietoa fyysisen infrastruktuurin tilasta ja on näin ollen lattiapinnan toiminnan kannalta tärkeä osa kokonaisarkkitehtuuria. On kuitenkin todettava, että tämän insinööriyön tarkastelussa ko. palvelut jäävät ulos pohdinnan ulkopuolelle.

Seuraavassa luvussa kuvataan datakeskuksen tavoitetilainen hallintaprosessi.

3.4 Datakeskuksen hallinta yleistasolla

Kuvassa näkyy datakeskuksen hallinnanprosessin vaiheet:



Kuva 6 Datakeskuksen hallinta

Nykyisellään toiminta datakeskuksissa ei välttämättä ole täysin suunnitelmallista ja toimintaa tulisi jatkossa muuttaa oheisen ”pyörän” suuntaan. Ongelmana yleisesti ovat puuttuvat tiedot kokonaistilanteesta, johon DCIM tuonee helpotusta. Ennen varsinaisen toiminnan muutosta liiketoiminnan vaatimukset olisi hyvä muuttaa datakeskusta koskeviksi konkreettisiksi vaatimuksiksi. Tämän jälkeen vaatimusten perusteella muodostettu suunnitelma olisi syytä muuttaa arkkitehtuuriksi, jolla nykyisen alustan nykyiset ja tulevat tehontarpeet tulevat tyydytetyksi. Operointivaiheessa pitäisi pysyä järjestelmällisissä ja toistettavissa prosesseissa, jolloin em. liiketoimintavaatimukset pystytään turvaamaan. Samanaikaisesti datakeskusta olisi pystyttävä valvomaan, jolloin varmistetaan siitä, että laitos toimii kuten oletettua. Viimeisessä vaiheessa voidaan käyttää ennustavaa analysointia, jonka tulokset voidaan syöttää takaisin suunnitteluvaiheeseen. Seuraavassa on kuvattuna 2 käytännöntason hallintaprosessia.

3.5 Kaappitason tehon- ja kapasiteetinhallinta

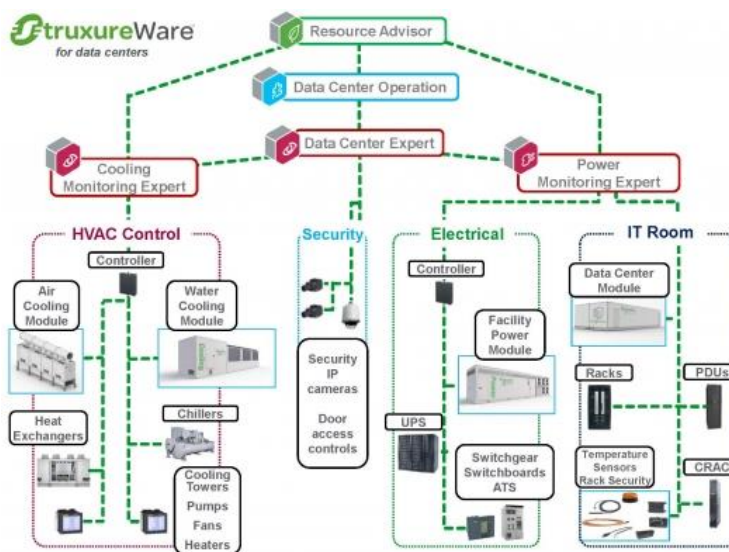
Olettaen, että edellä mainittu yleistason prosessi toimii ja tuottaa tarvittavat tiedot, tehonhallinta datakeskuksessa helpottuu. Konkreettisesti tämä tarkoittaa sitä että kunhan asettien sijainti ja kilpiarvot ovat kirjattu sekä sähköntehon jakeluketju on kuvattu, pystytään helposti sijoittamaan uutta kuormaa oleviin telineisiin. Tämä pystytään tekemään järjestelmästä käsin aiemman kentällä käymisen sijaan. Lisäksi tarvittavien varmistusten kapasiteettisuunnittelu helpottuu, kun tietoa on saatavilla esim. raporttien muodossa. Toisena etuna on varsinaisen White Space -hyötykapasiteetin käyttö, tieto saadaan reaaliaikaisesti ja se on aina tiedossa. Tällöin pystytään vastaamaan mahdollisiin saatavuuskyselyihin nopeasti. Tämä helpottaa myös muutoksissa, koska nähdään onko mahdollista sijoittaa siirrettävä kapasiteetti fyysisesti toisiin tiloihin. DCIM:n logiikkaan voidaan rakentaa automaattista kapasiteetin seurantaa, jolloin järjestelmä kertoo tai varoittaa jo kapasiteetti on loppumassa. Tällöin voidaan mahdollisesti rakentaa automaatiota, jolloin järjestelmä ehdottaa automaattisesti kapasiteetin kasvattamista, käyttäjä ainoastaan hyväksyy ehdotuksen ja työ käynnistyy hyväksynnän jälkeen.

3.6 Tiketointi

DCIM:n avulla saadaan selkeä kuva työtilanteesta tiketöinnin avulla. Tiketöinnin avulla voidaan suunnitella tulevia töitä ja optimoida työjonoja, sekä huomioida asiakkaiden tarpeet paremmin. Tiketöinnin avulla voidaan myös luoda työkokonaisuuksia jossa asentaja on pakotettu ottamaan huomioon jokainen työvaihe ja suorittamaan ne työvaiheiden kuitaamisenmenettelyllä. Tiketöinnin avulla voidaan automatisoida kapasiteetinhallintaa, luomalla säännösten perusteella työpyyntöjä datakeskuksen henkilökunnalle. Seuraavassa esitellään ne tekniset komponentit joita kapasiteetinhallinta koskee.

4 Datakeskuksen tehonjakeluun liittyvät komponentit

Seuraavassa avataan työhön liittyviä määritelmiä ja katselmoidaan mahdollinen tuleva kiinteistöautomaatioon ja energianhallintaan liittyvä arkkitehtuuri. Käytännössä DCIM on sovelluspohjainen järjestelmä, jonka päätehtävä on tarjota kokonaiskuva datakeskuksen olosuhteiden tilasta ja hyötykapasiteetista. DCIM:n pääajatus on integroida kiinteistöautomaation tilatiedot, sähköverkon tilatiedot, olosuhdevalvonta ja kulutusmittaukset. Näiden tietojen avulla dataa voidaan visualisoida ja käyttäjälle luoda näkymiä joiden mukaan esim. kapasiteetin- ja vianhallinta helpottuu. DCIM:n on tarkoitus myös visualisoida käytettävät tilat ja IT-kuormat (Serverit ja verkkolaitteet) ja näiden käyttämät verkot. Sähköverkko ja käytettävä teho voidaan mallintaa aina laitteen teholähteestä laitosta syöttävälle muuntajalle saakka. Käytännössä IT-kuormat ovat kuitenkin UPS-järjestelmien takana joten syöttävän verkon mallinnus UPS:ien tasolle, kuten jo aiemmin todettu, näyttäisi olevan riittävä. Ratkaistava kysymys on tarvitseeko sähköverkkoa mallintaa ylemmille tasoille ja onko DCIM:n näkökulmasta tarpeellista ylläpitää sähköverkon tilatietoa. Arkkitehtuuria tuleekin kokemuksen mukaan tarkastella ylhäältä-alas (top-down approach) ja pohjalta ylöspäin (bottom-up). Ohessa kuva jossa on yhdistetty toimittajanjärjestelmät kokonaisvaltaiseksi DCIM järjestelmäksi, Jokainen osa-alue muodostaa oman kokonaisuuden, seuraavissa luvuissa käsitellään sähköpuolen järjestelmiä ja IT-hyötytilaa kapasiteetinhallintaprosessien näkökulmasta. Jäähdytys jätetään tämän tarkastelun ulkopuolelle. [11]



Kuva 7 DCIM järjestelmä [12]

Datakeskuksessa on nykyisellään käytössä useampi kapasiteetinhallintaan liittyvä prosessi, seuraavassa esitellään nykyiset kapasiteetinhallintaan käytettävät prosessit ja työtavat. Kapasiteetinhallinta nykyisessä ympäristössä perustunee paljon laitetoista vastaavien paikallistuntemukseen ja jopa muistinvaraiseen toimintaan ja tällaisesta toimintatavasta halutaan jatkossa eroon.

4.1 Kuorman tarkastelu nykyisellään

Laitetilan tarkastelu aloitetaan olevan sähkökuorman arvioinnista, tähän tarpeeseen on luotu tietoliikenteeseen liittyville laitteille nimelliskuormia vastaava taulukko, jolloin laitteen rakentamisesta vastaava urakoitsija voi tietojärjestelmiä hyväksi käyttäen arvioida tilan nimelliskuorman. Mikäli laite on modulaarinen, on prosessissa oltava mukana asiantuntijaresurssi, joka voi tarvittaessa auttaa mitoituksessa. Nimelliskuorman jälkeen voidaan arvioida mahdollinen laitteiden maksimikuorma, jota voidaan pitää tulevaisuuden kuormana. Arvioidaan siis laitteiden nimelliskuorma ja laitteiden aiheuttama mahdollinen maksimikuormitus. Tähän ei ainakaan nykyisellään löydy parhaita käytäntöjä vaan arvio perustuu yleensä arvioijan aiempaan tietoon aiheesta.

Mikäli ollaan perustamassa uutta tilaa, nimelliskuorman avulla voidaan mitoittaa akusto vaatimusten mukaan, ts. 3-tunnin tai esim. 6-tunnin varmistuksella, riippuen tilan tärkeysluokituksesta. Tässä on toki otettava huomioon mahdollinen kasvunvara. Tähän ohjeistus on tarkoitus tulla tilaajan kautta, eli suunnittelulta. Mikäli historiatietoa on käytettävissä, toki sitä on prosessissa hyödynnettävä.

Maksimikuormalla voidaan mitoittaa mm. tasasähköjärjestelmän tasasuuntaaja. Nykypäivänä käytettävät tasasuuntaajat ovat modulaarisia, joten tarvittava $2N$ tai $1 + N$ voidaan rakentaa helposti ja tasasuuntaajasta ottaa alkuvaiheessa ainoastaan nimelliskuorman vaativa teho. Tässäkin on huomioitava jonkinlainen kasvunvara, kuitenkin siten että se peilaa tilaa suhteessa tietoverkkoon ja sen vaatimaan tehoon yleisesti.

4.2 Lattia pinta-alan tarkastus

On syytä tarkastella miten laitteet ovat asennettu tilaan. Nykyisellä mallilla laitepaikat eivät välttämättä ole optimaaliset. Tarkastelun kohteeksi on syytä ottaa tietoliikennelaitteet ja niiden telineiden sijoitus, mutta myöskin se miten kaapelointi on rakennettu ja jos tilassa on esim. seinätelineitä, ovatko ne optimaalisissa paikoissa suhteessa jäähdytykseen ja voimalaitteisiin. Jos tilassa havaitaan puutteita, ne kirjataan ja ilmoitetaan tilaajalle. Uuden laiteasennuksen osalta ehdotetaan telinepaikkaa, ja jos havaitaan mahdollisuutta optimointiin, on tämä hyvä ilmaista tilaajalle.

4.3 Johdonsuojat

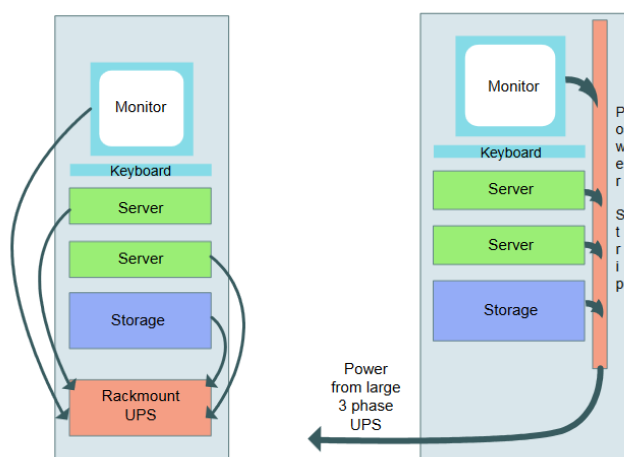
Erityisten tärkeä on suunnitella johdonsuojien määrä ja kestoisuus oikein. Mikäli mainittu voimalaite ei sisällä tarvittavia johdonsuojia suhteessa ennustettuihin kuormiin, on suunniteltava erillinen virranjako. Erityyppisien laitteiden johdonsuojille ja johdon mitoitukselle on tarjolla ohjeet. Osalle laitteistoja löytyvät ohjeet, mutta suunnittelun tueksi on tuotettu helppokäyttöisiä listoja urakoitsijan käyttöön, näin johdonsuojien valinta helpottuu huomattavasti ja tulevaisuuden tarpeet pystytään ennustamaan. Ts. johdonsuojia on kalustettava jakokeskuksiin riittävästi ja riittävällä virransietokyvyllä.

Laitetasolla suojaus hoidetaan johdonsuojakatkaisijoilla. Pääosin runkoverkossa käytetään johdonsuojia 32A:sta ylöspäin. Laitteiden PEM (Power Entry Module) tehonlähteen osalta suurin sulakekoko on tällä hetkellä 100A. Nykyisellä sulakkeiden määrillä ja kokovalikoimalla on vaikutus jakokeskusten ja virranjakojen fyysiseen kokoon, jolloin itse jakokeskuksen sijoittamista on harkittava siten että saavutetaan riittävä laajennusvara. Kuten tehon osalta olisi laitesuojauksessa otettava huomioon kasvunvara, sortumatta kuitenkaan yli-investointeihin.

Seuraavassa käydään modernin datakeskuksen sähkönjakelu UPS:n tasolta aina laitetelineeseen saakka.

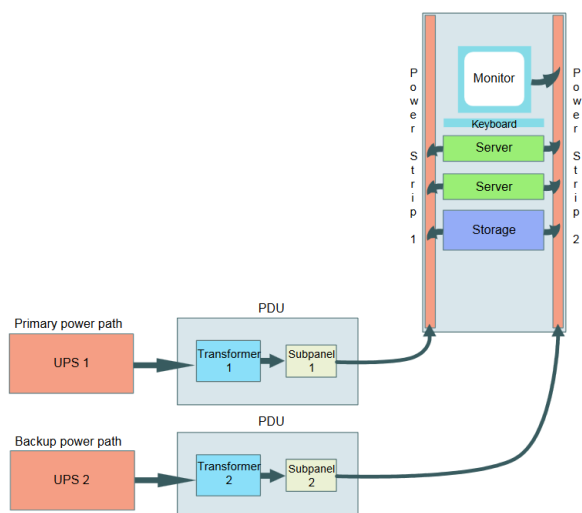
4.4 Jakeluvaihtoehdot

Kuten seuraavista kuvasta ilmenee (Kuva 8), on jakelu mahdollista hoitaa joko yhtä tai kahta syöttöä pitkin joka yksivaiheisesti tai kolmivaihesyötöillä. Aiemmin virransyöttö laitteille toteutettiin yhden UPS:n avulla, tällä on kuitenkin vaikutusta käytettävyyteen ja laitteiden ylläpidettävyyteen. Yleensä vähintään jakelutie on yleensä kahdennettu ja myös laitteita syöttävät kahdennetut virtalähteet (Power Entry module/PEM). (Kuva 9)



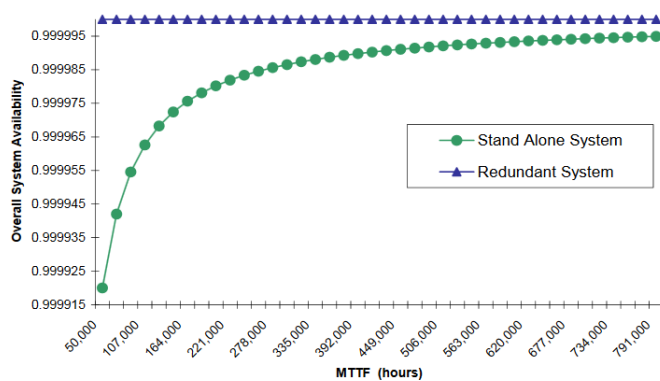
Kuva 8 Tyypillisiä virransyöttöjä [11]

Tämä tarkoittaa että virtatiellä on kaksi erillistä virtakiskoa, perusteena tällaiselle järjestelyllä on vähäisempi vikojen määrä (MTTF, mean time between faults) kuten seuraavasta kaaviosta selviää. (Kuva 10). Eli käytännössä toisen virtalähteen vikaantuessa sähkönsyöttö hoidetaan laitteen ehjällä PEM:llä.



Kuva 9 Kahdennettu virtatie laitteelle [11]

Laitetason kahdennuksen lisäksi voidaan varmistaa koko virtatie aina telineiden PDU:lle (Power distribution module), virtakiskoille ja UPS:n tasolle saakka, kustannustaso ja IT-kuorman tarvitsema varmistus määrittelee yleensä kuinka syvälle jakelu kannattaa kahdentaa.



Kuva 10 MTTF kahdennetulla syötöillä [11]

Mikäli virtatie on siis kokonaan kahdennettu, otetaan syötöt yleensä kahden muuntajan kautta sisään. Teho syötetään kahden pääkeskuksen kautta 2N:nä UPS:eille, joiden kautta jaetaan vielä jakokeskusten kautta kuormaa virtakiskojen kautta kahdelle erilliselle PDU-yksikölle. Tämä ei välttämättä ole kaikista kustannustehokkain järjestely, jos

on mahdollisuus käyttää esim. generaattoreita, tällöin UPS puolen varmennukseksi riittää usein N+1 jolloin kaikki UPS:it syöttävät samaa tietä kahdennettuja virtakiskoja. Seuraavassa virtatien komponentit datatelineeltä alkaen, joista ensimmäisenä PDU. [9]

4.5 PDU

PDU:n (Power distribution unit) yksiköiden avulla hoidetaan sähkönjakelu telinetasolla laitteille. Kuten kuvasta ilmenee, asennetaan PDU:t yleensä telineen sivulaidoille jotta ne eivät vie telineistä/kaapeista hyötytilaa. Useimmat nykyiset PDU kytketään 3-vaihe virranottimiin kasvaneiden tehontarpeiden takia. Tyypillisimmät virranottimet ovat joko 32:n johdonsuojilla varustettuja, joten maksimitehoksi muodostuu noin 20kW per PDU. Nykyiset PDU ovat yleensä myös mittaavia (SNMP Simple Network management protocol pohjaisia) ja niitä voidaan myös ohjata etänä. Useimmissa PDU:ssa on mahdollisuus käyttää web-pohjaisia hallintaohjelmistoja. [12]



Kuva 11 PDU:ita asennettuna telineeseen [13]

PDU:ita löytyy kaikille pienjännitealueille.. Euroopan markkinoilla löytyvistä PDU:ssa on yleensä 10 Ampeerin syötöille C13 pistoke ja 16 Ampeerin syötöille C19 pistoke, myös Schuko-mallin PDU:ita löytyy pienemmille kuormille ja nämä saattavat toimivatkin

yleensä vain yksivaiheisina. Seuraavassa kuvassa tyypillisimpiä liitäntäjohtoja em. pistokkeisiin.

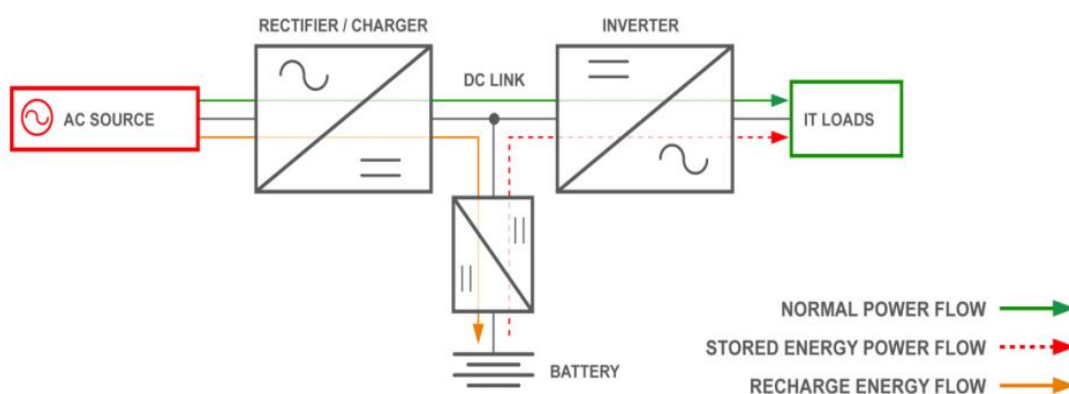


Kuva 12 Tyypillisiä pistokkeita

Mittauksista toimivat yleensä vaiheiden jännite- ja virtamittaukset, lisäksi PDU yleensä laskee kulutetun energian (kWh), näitä tietoja voidaan käyttää laskutuksen perusteena ja kapasiteetinhallinnassa vaihevirtojen suhteen DCIM:n suunnasta.

4.6 UPS:n toiminta

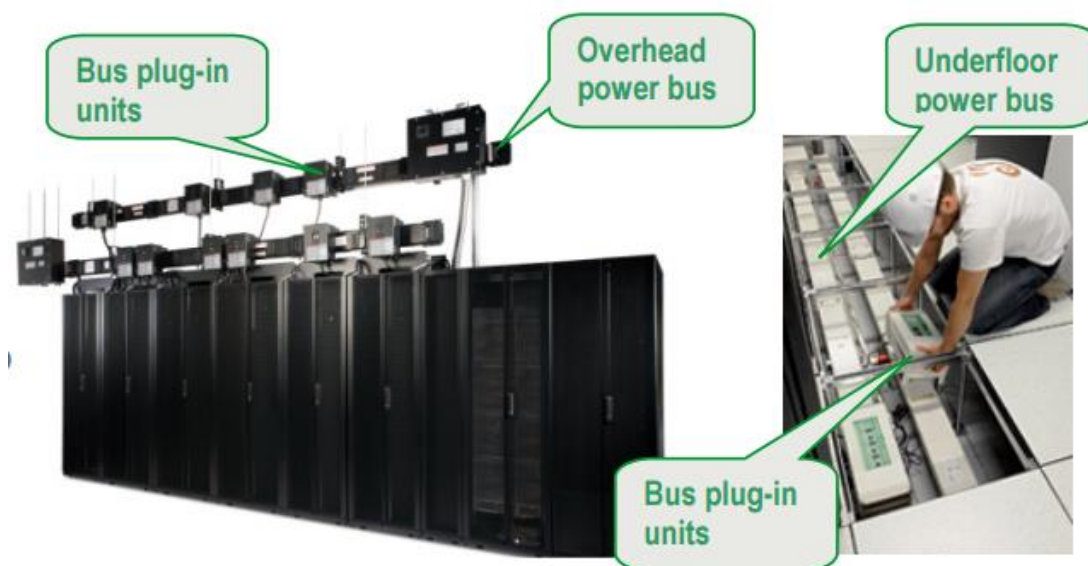
Valvottavista laitteista tärkeimmät ovat UPS (Uninterrupted Power Source) -laitteet, jolla pyritään tarjoamaan katkeamaton sähköjakelu datakeskuksessa.. Nykyisellään laitteet perustuvat kaksimuunnostekniikkaan. Kaksoismuunnos on-line UPS:ssa koko sähköteho ensin tasasuunnataan ja tämän jälkeen vaihtosuunnataan. Näin lähtöjännite on kokonaisuudessaan vaihtosuuntaajan muodostamaa. Akusto toimii puskuvarauksessa, eli on valmis syöttämään vaihtosuuntaajaa, jos tasasuuntaaja puoli pysähtyy. UPS:n pääasiallinen tehtävä on siis turvata sähkönsaanti häiriötilanteissa ja mahdollistaa varsinaisen varavoiman käynnistyminen. Tämän lisäksi UPS suojaa sen taakse kytkettyjä laitteita muilta häiriöiltä tasaamalla ali- ja ylijännitteitä, estämällä kytchentätransientit ja suodattamalla suurtaajuushäiriöt pois. Myös sähkön taajuus pysyy tasaisena. [14]



Kuva 13 PDU periaatekuva [14]

4.7 Virtakiskot

Datakeskuksissa käytetään nykypäivänä useasti virtakiskoja. Virtakisko tarjoaa mahdolliseen modulaariseen syöttöjen lisäämisen virranottimien avulla. Lisäksi kulutus pisteet saadaan mittaroitua helposti esim. virranottimessa olevan kulutusmittarin avulla. Virtakiskojen käyttö on henkilökunnalle helppoa ja varsinaisen telineasennuksen koittaessa ei sähkökytkentöjen tekemiseen tarvita sähköalan ammattilaista, vaan henkilökunta voi kytkeä PDU:iden sähköt suoraan 3-vaihepistokkeista, jotka löytyvät virranottimesta. Kuvan mukaisesti virtakisko voidaan asentaa telineiden yläpuolelle tai korotetun lattian alle. Kuvassa näkyy myös virranottimet ja johdotukset telineille.



Kuva 14 Virtakiskojen asennuspaikat [11]

Huomioitavaa on, että tehonhallinnan kannalta virtakisko on ongelmallinen, nykyiset kasvaneet tehontarpeet aiheuttavat haasteita mitoittamiseen. On osattava valita suurta virtaa kestävä virtakisko, jotta telineet saadaan kalustettua riittävän tiheästi nykyisillä tehovaihtimilla. Toisaalta pitäisi myös pystyä ennustamaan tulevaisuuden tehontarpeet, koska virtakiskoasennus tehdään ennen varsinaisia telineasennuksia. DCIM:n avulla toteutunutta tehoa voidaan kuitenkin valvoa ja näin helpottaa virtakiskojen suunnittelua jatkossa esim. raportoinnin avulla. Toinen maksimikuormaan liittyvä haaste on serverien kuormanvaihtelussa, kuten seuraavasta taulukosta ilmenee. (Kuva 15) Keskimääräinen kuorma ei ole ongelma, mutta jos kaikki palvelimet käyvät täydellä teholla voi virtakiskon

sulakkeet laueta, toisaalta taas tästä syystä voidaan virtakisko joutua ”ylimitoittamaan”. Tehonhallinnan osalta ei IT-kuormalle löydy suoraan laskentakaavoja, vaan tässäkin joudutaan turvautumaan DCIM-kyvykkyyteen, eli havaittaessa ylikuormaa on palvelimia siirrettävä toiseen jakeluun jotta vältetään sähkötekniset ongelmat. Oheisessa taulukossa eri prosessorien kuormat pienellä ja suurella kuormalla, sekä tehonvaihtelun varianssi, kyseinen taulukko osoittaa yhden haasteen virtakiskon mitoituksen suhteen. Maksimi-kuorman arviointi voi nykyisillä IT-alustoilla olla haasteellista ja oikean varmuuskertoimen löytäminen voi olla vaikeaa. [11]

| Platform | Processor | Light load power draw | Heavy load power draw | Percentage variation |
|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Dell PowerEdge 1150 | Dual Pentium III - 1000 | 110 W | 160 W | 45% |
| Intel Whitebox | Pentium 4 - 2000 | 69 W | 142 W | 106% |
| IBM BladeCenter HS20 Full chassis – 14 blades | Dual Xeon 3.4 GHz | 2.16 kW | 4.05 kW | 88% |
| HP BladeSystem BL20pG2 Full chassis – 8 blades | Dual Xeon 3.06 GHz | 1.55 kW | 2.77 kW | 79% |

Kuva 15 Prosessorien sähkökuormat eri kuormituksilla [11]

Seuraavassa kappaleessa käsitellään järjestelmän hankintaa, vaatimusmäärittelyä ja järjestelmätoimittajilta saatuja tuloksia.

5 Hankinta, vaatimusmäärittely ja hankinnan tulokset

5.1 Hankinnan tavoitetilä

Teknisen ohjelmistopohjaisen järjestelmän hankinnassa on useita vaiheita. Näistä käytetään yleisesti seuraavia englanninkielisiä termejä. Koska suurin osa DCIM-toimittajista on muualla kuin Suomessa onkin luontevaa pitäytyä englanninkielisissä termeissä. Suomen kielellä näitä hankintatoimen termejä ei ohjelmistopuolella ole määritelty. Puhutaankin yleisesti tarjouspyynnöistä. Prosessi itsessään on pitkä, alkaen tietopyynnöistä, jatkuen tarjouspyyntöjen kautta kilpailutukseen ja viime kädessä toimittajan valintaan. Seuraavassa dokumenttityypit jotka ovat oleellisia tämän työn osalta:

RFI Request for information, suomeksi tietopyyntö.

RFP tai RFQ Request for proposal tai Request for quotation, suomeksi tarjouspyyntö.

Ohjelmistohankinnassa on alkuvaiheessa syytä hakea vahva johdon tuki hankkeelle tai projektille ja koota tämän jälkeen yhteen kaikki projektin sidosryhmät. Projekti on hyvä siis aloittaa tunnistamalla itse sidosryhmät. Näin päästään helposti suunnittelu- ja vaatimustenkeräysvaiheeseen. DCIM:n osalta sidosryhmiä on useita: asiakkaat, liiketoiminnasta vastaavat yksiköt, palveluiden tuotannosta vastaavat henkilöt, sekä kiinteistöjen toiminnasta vastaava organisaatio. DCIM vaatimusmäärittelyn osalta on tärkeää että pyritään pitämään vaatimukset riittävän yksinkertaisina, jolloin eri sidosryhmien vaatimukset tulevat ymmärretyksi ja yhteismitallisiksi. Ennen tietopyyntöjä on syytä käynnistää ennakkoselvitys markkinoilla olevista toimittajista ja samanaikaisesti määritellä mitä ongelmaa ollaan yleistasolla ratkaisemassa. Ennakkoselvityksen aikana on hyvä käydä keskusteluja myös varsinaisten sidosryhmien ulkopuolella, jolloin saadaan varmistus monesta suunnasta. Ajankäytöllisesti tämä voi olla haastavaa, mutta lopputuloksen kannalta kannattavaa. Seuraavassa kuvataan kuinka hankintaprosessi sujui käytännössä ja mitä havaintoja projektin aikana tehtiin. [15][16]

5.2 Todellinen hankintaprosessi

Liiketoimintavaatimukset ja samalla tuotevaatimukset kuvattiin yhdessä liiketoimintayksikön kanssa ja tästä johdettiin teknisiä vaatimuksia systeemin suhteen. Kiinteistöpuolen vaatimuksista vastasi kiinteistöyksikkö, jonka vastuualueeseen kuuluu yleisellä tasolla sähkö- ja jäähdytysjärjestelmät. Kun edellä mainitut asiat olivat selviä, voitiin siirtyä RFI-vaiheeseen. RFI-vaiheessa toimitettiin kysymyslista kerättyjen vaatimusten pohjalta valitulle joukolle toimittajia, koska tässä vaiheessa siirrytään jo kaupalliselle puolelle, on hankintatoimen syytä olla mukana tässä vaiheessa. RFI-vaiheen vastausten tulkintaan osallistuivat kaikki sidosryhmät ja tässä vaiheessa projektipäällikkö kokosi mahdolliset arvostelut yhteen. Huomattiin että on viisasta pyytää toimittajilta tarkempi esittely ohjelmistosta/järjestelmästä jo RFI-vaiheessa. Saatujen tietojen avulla voidaan karsia mahdollisia toimittajia pois kilpailutuksesta. Tässä vaiheessa kannattaa kysyä toimittajien referenssejä, tai järjestää vierailuja järjestelmää jo käyttäviin yrityksiin jos mahdollista.

Kun RFI-vaiheen päätökset oli tehty, voitiin siirtyä RFP-tarjouspyyntövaiheeseen. Ennen tätä RFI-vaiheen tulokset oli käyty läpi ja ongelmanasetteluun oli haettu sidosryhmiltä tarkennettuja kysymyksiä RFP-dokumenttia varten. Vaatimusmäärittelyyn on syytä käyttää aikaa jolloin kaikkien sidosryhmien ääni saadaan kuuluviin. Lisäksi RFP-dokumentti on syytä olla yhdenmukainen kaikille toimittajille. RFP-vaiheeseen voidaan sisällyttää räätälöityjä esittelyjä ja koulututusta joiden avulla voidaan arvioida järjestelmän käytettävyyttä ja tarpeenmukaisuutta, DCIM:n osalta pelkkä RFP-vastausten arviointi ei ollut riittävä valinnan tekemiseen. Yleisesti hyväksi havaittu tapa arvioida järjestelmää/ohjelmistoa on järjestää POC (Proof-of-concept), jossa voidaan esim. luoda skaalattu tuotanto/testiympäristö. Tämän avulla voidaan arvioida toimittajan kykyä esim. integraatioiden suhteen. DCIM:n peruserä on olla useiden muiden toimintaa tukevien järjestelmien keskiössä tai vasten lattiatasen toimintaa, joten integraatioiden onnistuminen on elintärkeää valittaessa DCIM:ää.

RFP-vaiheessa on syytä suorittaa kokonaisvaltainen arviointi johon kuuluu RFP vastausten analysointi, mahdolliset POC-vaiheen tuloksien arviointi, käytettävyyden vaikutukset hintaan, sidosryhmät voivat tuottaa tätä varten sekä kvantitatiivisia, että kvalitatiivisia arvioita. Vastaukset ja arviot kootaan yhteen ja tämän tiedon valossa tehdään päätös.

Yleensä tämä tapahtuu projektin alussa perustetun johtoryhmän päätöksellä, sidosryhmien esittämän suosituksen mukaan. Seuraavassa käsitellään RFP-vaiheen vaatimuksia ja kuinka valittu toimittaja onnistui vaatimukset täyttämään.

Operaattoriympäristöön sopivin toimittajan valinta on tasapainoilua. Sinänsä pienet toimijat voivat olla ketteriä, mutta keskisuurten ja suurten toimijoiden tarjoamissa ratkaisuissa korostuu jatkuvuus ja tukipalveluiden saatavuus. Gartner määrittelee dokumentissaan Critical Capabilities for Data Center Infrastructure Management seitsemän kohtaa joiden perusteella voidaan valita mahdollinen DCIM toimittaja. Lisäksi näitä voidaan painottaa riippuen organisaation koosta. Tätä lähtökohtaa voidaan käyttää analysoitaessa sopivaa toimittajaa. Kuvassa esitellään osa-alueet ja niiden painotukset suhteessa organisaation kokoon.

| Critical Capabilities | Colocation Provider | Large Enterprise/ Managed Service Provider | Midsized Enterprise |
|---|---------------------|--|---------------------|
| Power Monitoring | 30% | 15% | 5% |
| Environmental Monitoring | 25% | 15% | 5% |
| Reporting/Visualization | 15% | 15% | 25% |
| Resource Management | 25% | 15% | 20% |
| IT Physical Asset Monitoring and Management | 0% | 15% | 20% |
| Predictive Analysis/Modeling/Simulation | 5% | 5% | 5% |
| Workflow Integration Mgmt. | 0% | 20% | 20% |
| Total | 100% | 100% | 100% |

Kuva 16 Painotukset [5]

Operaattoriliiketoiminnassa kaikki 3 osa-aluetta on edustettuna, joten havaittiin että ko. taulukkoa on vaikea käyttää suoraan valintaa tehdessä. Em. taulukko toimiikin paremmin muistilistana siitä mitä prosesseja ja osa-alueita on hyvä ottaa huomioon valintaa tehtäessä. Seuraavassa tarkentavia havaintoja RFI ja RFP -prosesseista. [17]

5.3 Yleiset havainnot

Hankittaessa uutta IT-järjestelmää yritykselle on hankintatoimi osallistettava vahvasti heti projektin alussa. Samaten on hyvä käynnistää tietopyynnot riittävän monen toimittajan kanssa käyttäen hankintatoimen määrittelemiä prosesseja. Prosessi on syytä aloittaa aiemmin mainitulla RFI (Request for information) -menettelyllä, jossa kerrotaan mahdollisesta hankinnan käynnistymisestä ja pyydetään toimittajilta lisätietoja tuotteista tai järjestelmistä. Isolla organisaatiolla tämä voi tarkoittaa jopa kymmentä toimittajaa. Projektiaikataulu huomioon ottaen projektin on lähettävä mainittu pyyntö maksimissaan viidelle toimittajalle. Osittain RFI-menettely voidaan suorittaa yrityksen sisällä, jolloin saadaan arvokasta tietoa RFP (Request for proposal) -menettelyä varten. RFP eroaa normaalista tarjouspyynnöstä siten, että se on usein IT järjestelmien tai sovellusten osalta hyvinkin tarkka, sisältäen satoja vaatimuksia. RFP-prosessin tarkoituksena on varmistaa järjestelmän tai sovelluksen sopivuus yritykselle. Prosessin alussa on hyvä lähteä valmistelemaan vaatimusten lisäksi myös varsinaista vaatimusmäärittely-dokumenttia, tähän käytetään nykyisin ns. ketteriä menetelmiä, jolloin itse sovelluksen tai järjestelmän varsinaisen koodaustyö voidaan aloittaa tarvittaessa nopeasti. RFP-vaiheesta voidaan edetä RFQ eli tarjousvaiheeseen ja mikäli sisäinen vaatimusmäärittely on tehty hyvin, voidaan järjestelmän/sovelluksen toimitus käynnistää välittömästi.

Järjestelmähankinnan osalta on selvitettävä ohjelmiston tuleva arkkitehtuuri ja mahdolliset tarvittavat järjestelmäintegraatiot. Perinteisessä operaattoriympäristössä on paljon järjestelmiksi, ohjelmistoiksi ja väliohjelmistoiksi (Mediator, Middleware) laskettavia osia, joiden osalta on pohdittava mikä on alkuvaiheen tavoitetilä. Nykyisellään pyritään MVP (Minimum viable product) mukaiseen vaatimusmäärittelyyn, missä vain pakolliset vaatimukset ovat tarpeellisia. Luokittelussa voidaan käyttää MOSCOW luokittelua, jossa erotetaan pakolliset ominaisuudet, toivotuista ominaisuuksista. Näin saadaan priorisoitua eri vaatimukset toisistaan. Lisäksi menetelmän avulla voidaan myös erotella vaatimukset (Requirements) ja käyttäjätarinat (User stories) erikseen. Jolloin molempia voidaan käyttää kvantitatiivisessa ja kvalitatiivisessa arvioinnissa.

5.4 Yleisin vaatimukset tulokset

Yleisten vaatimusten osalta on todettava, että ajankäytöllisesti onnistuttiin hyvin, ensimmäisen kierroksen arviot saatiin valmiiksi suunnitellussa ajassa yhdessä hankintatoimen kanssa. Tämän jälkeen haasteellisempi osuus oli RFP-kyselyn aikaansaaminen, ajankäytöllisesti olisi pitänyt käyttää huomattavasti enemmän aikaa eri osapuolten kanssa. Yleisten vaatimusten osalta käytettiin hyväksi Gartnerin artikkeleita ja materiaalia joiden avulla saatiin luotua perusta koko hankinnalle. Integroitien osalta selvitystyötä ei pystytty aloittamaan ja tämä vaihe jäi hoidettavaksi ns. POC (Proof-of-concept) vaiheeseen. Ongelmana oli että toimittajat lupasivat kyllä paperilla integraatiokyvykkyyksiä, mutta niitä ei pystytty lyhyessä ajassa toteuttamaan. Seuraavissa kappaleissa kuvataan RFP-dokumentin sisältöä ja arvioinnissa tehtyjä havaintoja

5.5 Prosessi-, pää- ja piirikaaviot

Järjestelmän osalta todettiin että koska kyseessä on myös asiakkaita ja toimittamista tukeva järjestelmä on siinä oltava tuki prosessien kuvaamiseen, toisena kulmana oli IT- ja kiinteistötekniikan operoinnin näkökulma joka vaatii yksinkertaisia pääkaavioita sähköjärjestelmistä ja KVJ/SCADA-järjestelmien mukaisia piirikaavioita joihin voidaan porautua esim. DCIM-pääkaavionäkymästä.

Prosessikaavioissa voitaneen alkuvaiheessa olettaa olevan IT-laitteiden asennukseen ja huoltoon liittyvät kuvaukset, jolloin operointi on aina yhdenmukaista ja muutokset ovat hallittavissa. Pääkaavioiden avulla voidaan jatkossa visualisoida sähköverkon tilaa. Tämä nähtiin tärkeänä osana laitoksen operatiivista toimintaa ohjattaessa. Tässä voidaan yhdistää tietoja useasta lähteestä, tarvittaessa valvontakaavio voidaan tuottaa esim. kiinteistöautomaation pääkaavioiden (single-line-diagram) avulla.

Operointimielessä on määriteltävä mitkä järjestelmän osat vastaavat mistäkin palasta. Tässä auttaa kokonaisarkkitehtuurin selvittäminen. Nähtäväksi jää miltä osin kiinteistöautomaatiojärjestelmä ja DCIM jakavat työkuorman prosessikaavioiden osalta ja mikä on operointia suorittavan osaston vaateet näiden kaavioiden suhteen. Nämä jäivät RFP-vaiheessa vähemmälle huomiolle. Ohessa eräs näkymä jota laitosta operoiva henkilöstö voisi mahdollisesti käyttää.



Kuva 17 Dashboard näkymä datakeskus manager käyttöön [18]

5.6 Prosessikaavojen ja pääkaavioiden toteutuneet ominaisuudet

BMS/EMS-integraatio jäi POC-vaiheessa testaamatta, joten pääkaavionäkymiä ei suoraan saatu testattua. Sähköverkonmallinnus osoittautui alkuvaiheessa vielä haasteelliseksi ja päädyttiin siihen että verkko mallinnetaan vain osittain. Prosessikaavioissa päädyttiin käyttämään ulkoista järjestelmään, jonka syötteiden perusteella perustetaan DCIM- ympäristöön tikettejä myöhemmin sovittavalla tavalla. Sähköverkon jakeluosan mallinnus saatiin toimimaan laitteilta telineiden PDU:ille, joiden kautta virranottimille, siitä eteenpäin virtakiskoille, eteenpäin näitä syöttäville jakokeskuksille ja UPS:n tehonsyöttöihin. Tämä todettiin riittäväksi tasoksi MVP-vaiheeseen. Seuraavassa RFP osuutta liiketoimintavaatimuksista.

5.7 Liiketoimintavaatimukset

Energiatehokas ja varmistettu konesali on nykypäivänä perusvaatimus, liiketoiminta vaatii mm. seuraavia asioita konesalitoiminnalta. DCIM:n suuntaan nämä vaatimukset osuvat siinä mielessä, että järjestelmän pitäisi pystyä tarjoamaan tietoa, joilla sähkö- ja jäähdytystehon kapasiteetinhallintaprosessi toimii. Järjestelmän pitäisi lisäksi osata kertoa mihin suurta sähkö- ja jäähdytystehoa vaativa laitteisto kannattaa sijoittaa, eli auttaa näin

operaivaa henkilöstä päivittäisissä työtehtävissä. Seuraavassa lista liiketoiminnan vaatimuksista:

| Vaatus | Toimenpide |
|------------------------------------|--|
| Yksikkökustannukset | Laskentakapasiteetti ja levytila tehokkaasti käytössä |
| Energiakustannukset | PUE-luku, päästöenergian hyötykäyttö, vihreä datakeskus |
| Varavoima | Generaattorit, useat muuntajat, akustot varautumissuunnitelman mukaan |
| Tietoväylät | Tietoväylän nopeus ja reititys tarpeen mukaan |
| Fyysinen suojaus | Varautumissuunnitelman mukaan |
| EMP ja HPM suojaus | Varautumis- ja tietoturvasuunnitelmien mukaan |
| Laitteistojen energiatiheden kasvu | Tarvittavat ratkaisut jäähdytyksen osalta |
| Pilvipalvelut | Yleistymisen tarjoaman aiempaa kustannustehokkaampi ja skaalautuvampi malli. |

DCIM:n avulla voidaan epäsuorasti vaikuttaa kaikkiin ja esim. yksikkökustannukset saadaan pidettyä aisoissa tehokkaan tilankäytön avulla. Myös laitoksen teknisiin vaatimuksiin ja varautumis- ja tietoturvasuunnitelmien ylläpitoon voidaan käyttää DCIM:n tarjoamaa tietoa. Kun tietoon voidaan luottaa, on suunnitelmien muuttaminen helpompaa ja lisäksi suunnitelmien toteutuminen kriisitilanteessa on luotettavampaa. Historiatiedon avulla voidaan mitata laitoksen tehokkuutta ja näin ennustaa esim. olosuhteiden kehitystä, jos laitteistojen energiatiheys edelleen kasvaa. Seuraavassa kappaleessa kapasiteetinhallinnan vaatimukset, jotka ovat korostetussa asemassa tämän työn osalta:

5.8 Kapasiteetinhallinnan vaatimukset

| Vaatus | Kysymys |
|--|--|
| Tehoasööttävän verkon mallinnus päästä päähän | Selitä kuinka päästä-päähän mallinnus onnistuu |
| Kyky valvoa elementtien (UPS, vaihtosuuntaajia, akkujen valvontajärjestelmien) parametreja | Selitä kuinka valvonta hoidetaan järjestelmässä |
| Mahdollisuus mitata sähkönkulutusta eri tasoilta datakeskuksessa | Selitä kuinka mittaus onnistuu eri tasolta |
| Tehonsööttöketjun valvonta | Selitä kuinka PDU:ita , UPS:ja , ATS:ia ja generaattoreita voidaan monitoria |
| BMS, EMS ja FMS integraatio | Osoita että integraatio on mahdollista |
| Anturi-arvot ja protokollatuki | Selitä kuinka järjestelmä lukee arvot ulkoisista lähteistä ja mitkä protokollat ovat tuotettu. |
| Mahdollisuus mallintaa PDU:t, UPS:it ,ATS:t ja generaattorit | Selitä kuin esim. PDU on mallinnettu |
| Mahdollisuus mallintaa CRAC/CRAH jäähdytys yksiköitä | Selitä kuinka jäähdytys mallinnetaan järjestelmässä |
| Historiallinen data | Minkälainen tuki historialliselle data löytyy |
| Vaihtosähkön (AC) vaiheiden mallinnus (PDUs) | Selitä kuinka 3 vaihe järjestelmä on mallinnettu aina UPS:lle saakka. |

Kapasiteetinhallinnan vaatimukset

Pääosa DCIM-vaatimuksista liittyy kapasiteetinhallintaan esim. lattiapinta-alojen kuvaamiseen ja telinepaikkojen käyttöasteeseen ja IT-laitteiden hallintaan, sekä verkotukseen. Sähköön liittyvistä vaatimuksista tärkein yksittäinen vaatimus on reaaliaikainen tehonvalvonta ja -mittaus. Käytännössä tämä tarkoittaa että tehonkulutusta pitäisi pystyä seuraamaan aina huonetasolta yksittäisille syötöille ja/tai PDU-yksiköitä pitäisi pystyä valvomaan DCIM:n kautta. Reaaliaikaisella mittauksella on vahva kytkös PUE-arvoon ja saa-

vutettavaan tarkkuuteen, joten minimivaatimukseksi (MVP) muodostuu tällä tavoin reaaliaikainen mittaustila. Tämän vaatimuksen ongelmana on IT-laitteisto, tehonvalvonta ei ole mahdollista pienin kustannuksin.

Toinen vaatimus on sähköverkonvalvonnan ja -ohjaamisen mahdollisuus. Tämä toteutuu todennäköisesti integroimalla BMS-järjestelmä osaksi DCIM-järjestelmää. Osa DCIM toimittajista ovat toki teollisuusautomaatiojärjestelmien toimittajia, joten integrointi onnistuu suhteellisen helposti. Käytännössä DCIM vaatii siis parikseen BMS-järjestelmän, jotta datakeskuksen sähkötekniikka ohjautuu järjestäytyä. Pienemmissä keskuksissa koko sähköverkonmallinnusta tuskin tarvitaan, mutta kun puhutaan usean MW kuormista tai isommista laitoksista, on mallinnuksella ja tämän mahdollistavalla valvonnalla hyötyjä. Käytännössä siirrytään normaalista kiinteistöautomaatiosta teollisen automaation puolelle, jolloin saadaan paremmin hallittava ympäristö.

Kolmas vaatimus on jo aiemmin mainittu simuloitavuus suhteessa tarvittavaan kapasiteettiin, sen lisäksi että DCIM:n pitää hallita tehnoptimointi suhteessa nykyiseen kapasiteettiin, on järjestelmän pystyttävä ennustamaan tulevaa tilannetta ja tarpeita.

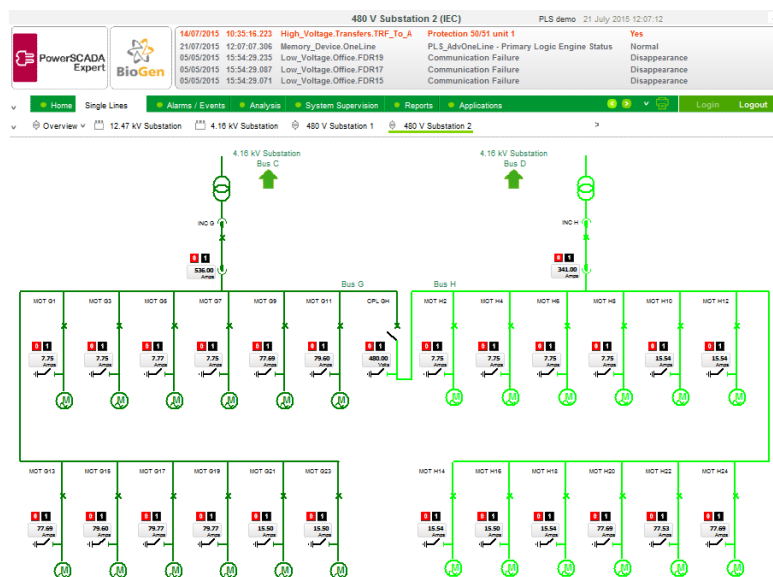
5.9 DCIM-kapasiteetin hallinta käytännössä

Kapasiteetin hallinnan suhteen täytyivät telinekapasiteetin- ja tehokapasiteetin hallinta. BMS-integraation taso ei vielä tässä vaiheessa tullut täysin selväksi. Kuten mainittua sähköverkon mallinnus toteutui vain osittain. Erityisen vahvaa oli kuitenkin White Space-tilan kapasiteetin hallinta. Samaten vaihekuormien optimointi UPS tasolla lienee tulevaisuudessa mahdollista, koska UPS:ien vaihesyötöt on mahdollista mallintaa. Vaatimuksena ollut historiadata on mahdollista säilyä ja tuottaa sen avulla raportteja, joista myöhemmässä. Simuloinnin mahdollisuus käytiin läpi pintapuolisesti, mutta todetut mallit ovat näillä näkyvin riittäviä.

5.10 Sähköverkon mallinnuksen ja visualisoinnin vaatimukset

DCIM:n ja BMS:n avulla voidaan mallintaa sähköverkon elementit aina keski- tai suurjännite tasolta pienjännitetasolle. Pienoisjännitealueella toimivat tasasuuntaajajärjestelmän voidaan kuvata samalla tavoin. Seuraavassa käydään läpi tyypillinen sähköverkko

ja mahdollinen mallinnus DCIM/BMS järjestelmään. Ohessa kuva tavoitetilan mukaisesti jakeluketjusta ja sen visualisoinnista:



Kuva 18 Sähkönjakelu visualisointina [16]

Sähkölaitos tuo syöttönsä kuormanerotimien, pääkatkaisijana toimivan katkaisijan ja varokekuormanerotimien läpi muuntajille. Riippuen muuntajan omistussuhteesta, voi katkaisija sijaita joko keskijännitepuolella tai pienjännitepuolella. Ko. tapauksessa katkaisija on keskijännite puolella. Muuntajilta jatketaan pienjännite puolelle kahteen pääkeskukseen, jossa seuraavana on vuorossa vaunukatkaisijat asetteluineen. Pääkeskuksesta jatketaan nousukeskuksiin kompaktikatkaisijoiden kautta ja nousukeskuksista edelleen voimalaitteelle, eli vaihtosähkö UPS:lle ja tasasähköjärjestelmille. Tässä vaiheessa suojalaitteina toimivat kytkinvarokkeet. PK1 ja PK2 rinnalla toimii varavoimapääkeskus ja 2 varavoimakeskusta. Varavoimakeskus havahtuu, mikäli sähkönsyöttö häviää muuntajien takaa tulevalta syötöltä ja alkaa ohjata varavoimakeskuksia, kunhan generaattorit ovat saatu käyttöön. Generaattorien käynnistymisen välisen ajan UPS ja tasasähköjärjestelmien kuormat ovat akustojen varassa. Mikäli sähkönsyöttö palautuu, ajetaan generaattorit hallitusti alas ja syötöt siirretään katkaisijoiden avulla normaalitilaan.

Vaatimuksena edellä mainitulle on operoinnin kannalta tilojen tiedot ja sähköverkon tilan visualisointi, joka on myös kapasiteetinhallinnan kannalta oleellista. Vielä tällä hetkellä on epäselvää minkä järjestelmän kautta kyseisiä pääkaavioita pystytään tuottamaan,

tämä vaatii jatkotyötä BMS-järjestelmän toteutusvaiheessa. Seuraavassa kuvataan olosuhdevalvonnan vaatimukset:

5.11 Olosuhdevalvonta

Olosuhdevalvonnan suhteen on toteutettava seuraavat vaatimukset.

| | |
|--|---|
| Olosuhdevalvonta, mitattujen arvojen näyttö (ilmankosteus, lämpötila, paine) käyttöliittymässä) | Selitä kuinka arvot näkyvät käyttöliittymässä |
| Olosuhdevalvonnan arvot "White Space" näkymissä | Miten arvot näkyvät "White Space" tiloissa |
| Hälytysnäkymä | Selitä kuinka hälytysnäkymät toimivat |
| Mahdollisuus analysoida olosuhteiden muutosten vaikutusta datakeskukseen sähkön ja jäähdytyksen suhteen ja mahdollisuus tuottaa raportteja | Miten MITÄ JOS skenaariot toimivat |
| Mahdollisuus luoda yksinkertaistettu pääkaavio jäähdytysprosessista | Selitä kuinka pääkaavio muodostetaan |
| Simulaatio mahdollisuus käyttäjäen fluid mechanics modelia | Selitä minkälainen simulointi on mahdollista |

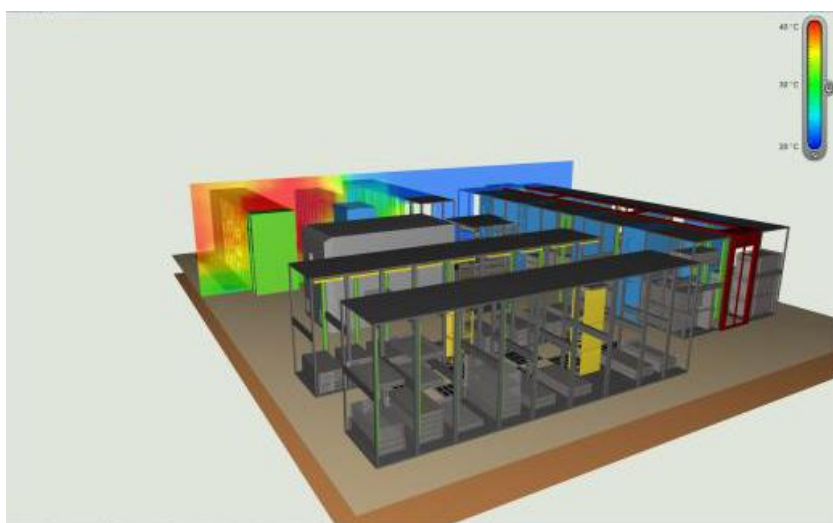
Olosuhdevalvonnan vaatimukset

Olosuhdevalvonnalla tarkoitetaan tässä tapauksessa olosuhdevalvontaa tilassa jossa IT- kuorma on. Tämä tilaa kutsutaan yleisesti termillä White Space ja se on datakeskuksen kannalta ns. hyötykuormaa laitoksen näkökulmasta katsoen. IT-laitteiden toiminnan kannalta oleellisia tietoja ovat ympäristön lämpötila, ilmanpaine ja ilmankosteus. Datakeskuksen näkökulmasta näitä arvoja pitäisi pystyä mittamaan ja tulokset esittämään käyttäjälle visualisoidussa muodossa, eli käyttöliittymätasolla. Arvot on myös pystyttävä lukemaan ja visualisoimaan per yksittäinen tuotantotila. Teknisesti kaikki mittaukset pitäisi pystyä suorittamaan erilaisista lähteistä joten järjestelmän olisi syytä tukea esim.

erilaisia rakennusautomaation (RAU) tukemia protokollia, jolloin mittaukset ovat järjestettävissä. Olosuhdevalvonta datakeskuksessa on toiminnan kannalta elintärkeää, varsinkin nopeat muutokset tulisi havaita riittävän aikaisin. Kapasiteetinhallinnan kannalta lämpötilojen seuranta on ensiarvoisen tärkeää. Riittävällä mittauksilla havaitaan mahdolliset lämpövuodot tai kohdat joissa jäähdytys ei ole riittävää, näiden tietojen avulla voidaan käynnistää korjaustoimenpiteet tuotantotilassa ja estää uuden ja näin ylimääräisen lämpökuorman asentaminen, jolloin energiatehokkuus pysyy korkeana. DCIM:n yksi tärkeimmistä tehtävistä on tarjota datakeskusta operoivalle henkilöstölle yleiskuva laitoksen tilasta. Tätä toimintaa tukemaan on hyvä tuottaa hälytys- ja tapahtumalistoja. DCIM:n avulla voidaan tuottaa hälytykset IT-laitteistosta esim. SNMP-pohjaisilla trapeilla, jotka ulkoinen järjestelmä tulkitsee ja lähettää DCIM:lle hälytyksinä tai tapahtumina. Sähkönjakelun osalta voidaan myös tuottaa hälytys- ja tapahtumalistatietoa.

5.12 Olosuhdevalvonnan toteutuneet vaatimukset

Tällä hetkellä näyttää että DCIM pystyy ottamaan kantaa UPS tasolle saakka ja tästä eteenpäin vastuu hälytyksistä ja tapahtumista UPS:ien takana olevasta verkosta kuuluu käytönvalvontajärjestelmälle, toki nämä tiedot voidaan välittää edelleen DCIM:n hälytys- ja tapahtumalistoilta. Olosuhdevalvonta toteutettaneen myös DCIM:n kautta ja näyttää siltä että valitussa DCIM-järjestelmässä tällainen kyvykkyys on. Erityisesti visualisointi näyttää toimivan ja on operoinnin kannalta hyödyllistä. (Kuva 19)



Kuva 19 Olosuhteiden visualisointi BMS mittauksen avulla [18]

5.13 Raportointi

| Aihe | Kysymys |
|--|---|
| Huone ja telinekohtaiset -käyttöasteraportit | Miten käyttäjä voi ajaa nämä raportit |
| Tehoraportointi (sähkö/jäähdytys) | Miten käyttäjä voi ajaa nämä raportit |
| Olosuhderaportointi | Miten käyttäjä ajaa raporttinsa |
| Asiakasraportointi | Miten asiakas voi ajaa raporttinsa |
| Asiakkaiden raportit | Minkälaisia asiakasraporteja on olemassa |
| Mahdollisuus nähdä suunniteltujen töiden vaikutus 2D/3D mallissa ja mahdollisuus nähdä kapasiteetin muutokset suunnitellun muutoksen jälkeen | Miten tämä visualisoidaan erilaisissa näkymissä. |
| Visualisoitu ja integroitu hälytysjärjestelmä, hälytykset kriittisistä vioista | Miten hälytysjärjestelmä on rakennettu systeemiin |
| Laitteiden varaaminen tulevaisuuden käyttöä varten | Miten kapasiteettia voidaan varata |

Raportoinnin vaatimukset

Raportointi tarkoittanee alkuvaiheessa listamuotoisia raportteja esim. datakeskuksessa sijaitsevista palvelimista ja reitittimistä. Raportointi voidaan myös ulottaa sähköverkon puolelle, jolloin saadaan listamuotoisia esityksiä esim. datakeskuksen palvelimien kuormista. Tämä on asiakasraportoinnin minimivaatimus. Raportoinnin vaatimuksena on jo alkuvaiheessa reaaliaikaisuus

Kuten hälytys- ja tapahtumalistat ovat trendiraportit tärkeitä. Trendiraporttien avulla voidaan tarkastella pidemmän aikavälin kehitystä ja tehdä tarkempaa kapasiteettisuunnittelua. Periaatteessa trendiraportti on tuotettavissa kaikesta mitattavasta datasta, joskin tässä on vaatimusmäärittelyn kannalta otettava laitoksen operoinnista vastaavien henkilöiden kannalta oleellisen trendiraportit huomioon. Tähän liittyy sovelluksen kysy piirtää trendiraportteja havainnollistavia käyriä.

5.14 Toteutuneet vaatimukset raportoinnin suhteen

Raportoinnin osalta alkuvaiheessa toteutunevat jo mainitut listamuotoiset raportoinnit sekä energiankulutukseen liittyen trendiraportit. Energiankulutusraportoinnin avulla voidaan myös laskuttaa mahdollisesti Colocation asiakkaita. Käytännössä olosuhderaportointikin on mahdollista mutta on vielä epäselvää minkä tasoinen anturiratkaisu datakeskukseen valitaan.

5.15 Vaatimukset käytettävyydelle

Yhdeksi osaksi järjestelmähankintaa nousevat non-functional requirements, käytännön tasolla näistä tärkein yksittäinen vaatimus on käytettävyys. Vaikka ohjelmisto täyttäisi muut vaatimukset käytettävyyden ollessa huono, ei tällaista järjestelmää tai ohjelmistoa kannattaisi ottaa käyttöön. Kyseinen vaatimus oli mukana alusta asti ja sitä arvioitiin kvalitatiivisesti esittelyiden ja koulutustilaisuuksien aikana. Pääasiallinen mittari oli vaivattomuus, toki myös kvantitatiiviset ominaisuudet, kuten aputyökalut olivat mukana arvioinnissa.

5.16 Työnohjaus

Työnohjauksen suhteen lisävaatimuksia ei tullut, vaan päädyttiin noudattamaan Gartnerin suosituksia kriittisten kyvykkyyksiä. Huomiona oli kuitenkin muutostenhallinta ja mitäjos skenaarioiden mahdollisuus. Myöskin teknisesti itse tiketöintiin otettiin kantaa siinä mielessä, että syötteitä pitäisi pystyä siirtämään järjestelmien välillä joustavasti.

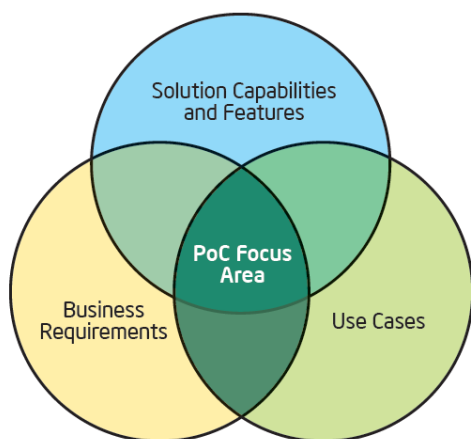
6 Tulokset

Työn tavoitteena oli tuottaa DCIM-järjestelmän hankintaa varten vaatimusmäärittely kapasiteetinhallinnan näkökulmasta, kyseinen tavoite oli osa kokonaishanketta jolla datakeskus on tarkoitus saattaa toimintakykyiseksi. Itse DCIM-hankinta lähti liikenteeseen markkinoilla olevien ratkaisujen tarkastelusta. Ensimmäinen havainto oli DCIM-markkinan lievä kehittymättömyys, jopa vielä vuonna 2014 DCIM-ohjelmistotoimittajat ennustivat huimaa kasvua tuleville vuosille, tähän päivään mennessä DCIM-järjestelmiin käytetty rahamäärä ei ole kasvanut, eikä näin myöskään ratkaisuja tarjoavien yritysten liikevaihto. Alkuperäiset odotukset toimittajien suhteen eivät siis olleet kovinkaan korkealla, toinen ongelma oli, että varsinainen DCIM-markkinoiden liikevaihto jakautuu noin 20 toimijan kesken, joten kukaan ei ole hallitsevassa markkina-asemassa. Jo tutkimuksen alkuvaiheessa useampi toimija joko ilmoitti lopettavansa oman DCIM-järjestelmänsä kehityksen ja muuttavansa järjestelmänsä suuntaan. Markkinoiden tutkimuksen edetessä lähtökohdaksi valittiin konsulttitalojen (Gartner ja 451) julkaisemat materiaalit. Tämän jälkeen aloitettiin aktiivinen informaation kerääminen. Perusinformaation keräämisen jälkeen lähdettiin keskustelemaan liiketoiminnan kanssa toimintaympäristön vaatimuksista ja vaatimuksista mahdollisten myytävien tuotteiden ja palveluiden suhteen. Tämä oli ajallisesti haasteellista, koska itse datakeskukseen liittyvät tuotteet ja palvelut olivat kehitysvaiheessa.

Osittain näiden vaatimusten osalta jouduttiin tekemään kapasiteetinhallinnan suhteen olettamuksia. Operoinnin näkökulmasta vaatimuksien kerääminen oli helpompaa, koska yrityksessä on toimittu aiemmin samankaltaisen liiketoiminnan kanssa ja kapasiteetinhallinta on tuttua. Hankkeen suhteen suurin haaste oli toiminnan kasvaminen suurempaan kokoluokkaan, jolloin aiemmat ratkaisut eivät välttämättä tue uudenlaista liiketoimintaa, lisäksi liiketoiminnan suhteen on tehtävä oletuksia jolloin riskit kasvavat. Operoinninkin suhteen jouduttiin lopulta tekemään olettamuksia. Kolmas osapuoli oli kiinteistönhallinnasta vastaava yksikkö jolla on vuosien aikana muotoutunut nykyinen toimintatapa jonka muuttaminen lyhyessä ajassa on haasteellista. Vaatimusten suhteen on myös tehtävä työtä jatkossa itse työtapojen ja menetelmien suhteen, uusi liiketoiminta perustuu aiempaa laajempaan automaatioon tietojärjestelmien kesken ja nimenomaan kapasiteetinhallinnan suhteen on tarjottava läpinäkyvyyttä aina asiakkaalle saakka.

Vaatimusmäärittelyn muodostamisessa auttoi laaja informaationkeräys ja tarjolla oleviin järjestelmiin tutustuminen, tämä vaati toki lähempää yhteistyötä toimittajien kanssa projektin edetessä kanssa ja valitettavasti tämä ei ollut mahdollista vaatimusmäärittelyn alkuvaiheessa. Kaiken kaikkiaan vaatimusmäärittely muodostui projektin edetessä ja sitä pystyttiin käyttämään toimittajien valinnassa viimeiselle kierrokselle. Tällä hetkellä projektissa on menossa valintavaihe jonka aikana viimeinen päätös tehdään.

Toinen tavoite insinööriyön suhteen oli luoda POC (Proof-of-concept) -ympäristö. Tämän ympäristön rakentaminen käynnistyi kartoittamalla mitä olisi mahdollista mitata kiinteistötekniisesti tai teollisuusautomaation kautta ja mitä vaatimusmäärittelyjen suhteen olisi tavoitteellista tai järkevää mitata käyttäen DCIM järjestelmää. Haasteellisin vaihe oli kiinteistöautomaation protokolliin liittyvä selvittäminen esim. ModBus ja BacBetin käytöstä ei ollut juurikaan kokemusta. Lisäksi kun itse järjestelmä/ohjelmisto toimittajiin tutustuttiin, ilmeni että heidänkään kykynsä integroida mittauksia ulkoisista järjestelmistä ei ollut riittävällä tasolla. Parhaiten tähän kykeni toimittaja jolla on taustaa sähkötekniikasta ja sähköverkosta. On jälkeinpäin todettava että POC (Proof-of-concept) -testausta kannattaa lähestyä kolmesta kulmasta, kuten kuva 20 osoittaa. Yhtenä kulma ovat järjestelmän ominaisuudet ja kyvykkyydet. Toisena kulmana ovat liiketoimintavaatimukset ja kolmanneksi voidaan määritellä joukko käyttötapauksia. [19]



Kuva 20 POC fokus alueet

Kun katsotaan valmistautumista näistä kolmesta kulmasta, voidaan todeta että projektissa POC-ympäristöä lähdettiin rakentamaan ennen varsinaisia liiketoimintavaatimusten saamista. Tässä tosin datakeskuksen operoinnin vaatimukset olivat suurin piirtein

tiedossa ja jonkinlainen yleiskuva mitä liiketoiminta tulisi pitämään sisällään, joten suuria ongelmia ei aiheutunut. Ominaisuuksien kartoitus onnistui kuitenkin hyvin RFI-vaiheessa ja RFP-vaiheessa operoinnilla oli jo selkeä kuva siitä mitä järjestelmän pitäisi tuottaa. Liiketoimintavaatimuksista raportointiosuus tuotti projektille eniten päänsäivää johtuen mittavasta integrointitarpeesta, haasteita lisäsi se että myöhemmin alkoi myös IT projekti, jonka vaatimuksena tuli lisää integraatioita DCIM:n suuntaan. Rakennettu DCIM POC -ympäristö voidaan kuitenkin jatkossa siirtää osaksi tuotantoympäristöä ja POC-ympäristön mukainen arkkitehtuuri rakentaa uuteen laitokseen. [19][20]

7 Yhteenveto

DCIM-järjestelmän hankinnasta muodostui oletettua pidempi prosessi. Suurin haaste hankinnassa oli kokonaishankkeen tiukka aikataulu ja liiketoiminnan saaminen tiiviisti mukaan hankintaprosessiin. Erityisen tärkeäksi osaksi muodostui vaatimusmäärittely, tähän työhön olisi pitänyt käyttää huomattavasti enemmän aikaa ja samalla lähestyä ensimmäistä kierrosta pienemmillä vaatimusmäärillä. Vaikuttaa myös vahvasti siltä että DCIM-toimittajien tarjoamat järjestelmät ovat päällekkäisiä verrattuna esim. IT-palveluhallintaan tarkoitettuihin järjestelmiin verrattuna ja myös kiinteistöautomaatiojärjestelmissä on paljon samoja ominaisuuksia. On ensiarvoisen tärkeää tunnistaa jo hankinnan ensivaiheessa mikä järjestelmä vastaa mistäkin tiedosta, jolloin järjestelmiä päästään pystyttämään ja testaamaan tuotannon kaltaisessa ympäristössä projektin ensiaskelista lähtien. Tämä on mahdollista jos strategiana on hankkia valmis ohjelmisto/järjestelmä ratkaisu. Tämä toimintatapa tunnistettiin ja sitä aiotaan käyttää myöhemminkin. Tämä sopiikin uuden sukupolven ketteriin kehitysmenetelmien osaksi ja on näin ollen strategisesti tärkeä havainto yritykselle. IT-kerrosta on nykypäivänä pystyttävä muuttamaan tarpeen vaatiessa nopeastikin, jos tuotevaatimukset näin määrittelevät, vahvasti räätälöidyllä järjestelmällä tämä ei ole mahdollista.

Eniten aikaa vievää on oikean intergraatiotason löytäminen, ns. masterdatan määrittely oli erittäin haastavaa. Ohjelmassa otettiin samaan aikaan käyttöön uutta ITIL:n mukaista CMDB:tä jolla oli runsaasti päällekkäisyyksiä DCIM-järjestelmän kanssa, näiden kahden järjestelmän tiedon omistajuuden selvittäminen vei runsaasti aikaa. Havaintona oli myöskin että DCIM ei vielä ole järjestelmänä täysin kypsä ja sen tarve voi kyseenalaistua jos laitokseen hankitaan esim. mittava teollisuusautomaatiopohjainen järjestelmä. Lisäksi IT-maailmassa integraatiot ovat yleensä kivuliaita ja DCIM-järjestelmä näyttäisi vaativan varsin runsaasti yhteensovittamista. Havaittuna kipukohtana on myös tietoturva, kiinteistöautomaatiojärjestelmän pitäisi olla suojattu ja kyberturvallisia, kuitenkin esim. asiakasraportoinnin suhteen DCIM-järjestelmän pitäisi olla suhteellisen avoin ja sen pitäisi pystyä lukemaan tietoja kiinteistöautomaatiojärjestelmistä. Sinänsä nämä ongelmat ovat teknisesti ratkaistavissa, mutta kuinka uskottavat ja tietoturvalliset verkot pystytään rakentamaan tukemaan liiketoimintaa, onkin vaikeampi kysymys, johon alalla ei näytä ainakaan vielä olevan vastausta.

Kaiken kaikkiaan hanke oli äärimmäisen mielenkiintoinen ja vaativa. Sähkötekniikan ja aiemman tietoteknisen koulutustaustan yhdistäminen auttoi tukemaan kokonaishanketta ja loi laajemman ymmärryksen mitä tarvitaan ja mitä on mahdollista saavuttaa järjestelmäteknisesti. Aiempi koulutustausta auttoi myös keskusteluissa järjestelmätoimittajien kanssa ja keskustelujen avulla pystyttiin vaatimuksia selkeyttämään jolloin sekä ostajalle että myyjälle syntyi selkeä kuva mitä ollaan hankkimassa. Samaten järjestelmätoimittajan valvominen ja tuotoksien, hyväksyminen helpottui. Työtä helpotti myös tulevaisuuden liiketoiminnan tunteminen joka auttoi tulkitsemaan vaatimuksia ja muuttamaan ne järjestelmävaatimuksiksi, tämä toki vaati yhteystyötä tuotetarjoamasta vastaavien henkilöiden kanssa. Hanke sinällään vaati ja vaatii jatkossakin useiden kymmenien henkilöiden työpanosta ja työ järjestelmän valinnan ja käyttöönoton suhteen jatkuu tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Energiategokas konesali. Motiva Oy 2011. Verkkodokumentti <https://www.motiva.fi/files/4828/Energiategokas_konesali.pdf> Luettu 12.4.2017
- 2 ABB Control room convergence: Merging industrial monitoring and co systems with data center operations. 2014 Verkkodokumentti <<http://new.abb.com/docs/librariesprovider9/about-us-fr---data-centers-files/control-room-convergence.pdf?sfvrsn=4>> Luettu 12.4.2017
- 3 Nlyte for Dummies ebook. 2014. Verkkodokumentti <<http://pages.nlyte.com/dcimfor-dummies>> Luettu 12.4.2017
- 4 Magic Quadrant for Data Center Infrastructure Management Tools. 2016. Raportti. Gartner.
- 5 Gartner report: Critical Capabilities for Data Center Infrastructure Management Tools
- 6 Nlyte/Cito research Why Energy Management Is Driving Adoption of Data Center Infrastructure Management Solutions
- 7 Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency Measuring PUE at Dedicated Data Centers. Energystar. 2010 Verkkodokumentti https://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/Data_Center_Metrics_Task_Force_Recommendations.pdf Luettu 12.4.2017
- 8 Muhonen, Juha 2006 Sähköverkon valvonta ja ohjaus ABB Seminar
- 9 Impact of Hot-Aisle vs. Cold-Aisle Containment for Data Center Temperature and Efficiency. Schneider white paper 135 Verkkodokumentti < http://www.apc.com/sales-tools/DBOY-7EDLE8/DBOY-7EDLE8_R4_EN.pdf> Luettu 12.4.2017
- 10 Large, Low Density Data Centre Verkkodokumentti <<http://www.schneider-electric.com/solutions/in/en/sol/4665599-large-low-density-data-centre>>

11 Comparing Data Center Power Distribution Architectures. Schneider Whitepaper

129 Verkkodokumentti http://www.apc.com/salestools/WTOL-7ANTKY/WTOL-7ANTKY_R3_EN.pdf Luettu 12.4.2017

12 PC MAG Definition of: power distribution. Verkkodokumentti

<<http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/60095/power-distribution-unit>> Luettu 12.4.2017

13 Remote control power distribution unit / rack-mount / PDU Verkkodokumentti

<<http://www.directindustry.com/prod/eaton-count-control-products/product-9191-1487677.html>> Luettu 12.4.2017

14 Eaton UPS käsikirja. Verkkodokumentti < [lit.powerware.com/ll_down-](http://lit.powerware.com/ll_down-load.asp?file=UPS-kasikirja.pdf)

[load.asp?file=UPS-kasikirja.pdf](http://lit.powerware.com/ll_down-load.asp?file=UPS-kasikirja.pdf)> Luettu 12.4.2017

15 How Data Center Infrastructure Management Software Improves Planning and Cuts Operational Costs. Schneider whitepaper 107 Verkkodokumentti

<http://www.apc.com/salestools/DBOY-8B8KKJ/DBOY-8B8KKJ_R3_EN.pdf> Luettu 12.4.2017

16 Schneider White paper 233 Selecting a Building Management System (BMS) for Sites with a Data Center or IT Room Verkkodokumentti http://www.apc.com/salestools/PDON-A7UM7U/PDON-A7UM7U_R0_EN.pdf> Luettu 20.5.2017

17 Sisäinen RFP vaatimusdokumentti 2016

18 Nlyte Software's 7 Suite Verkkodokumentti <<http://www.datacenterknowledge.com/archives/2015/05/11/nlyte-sofware-7-suite/>>

19 Toimittajan RFP vastausdokumentaatio 2016

20 Sisäiset keskustelut 2016 helmi-joulukuu.